



Examensarbete
Civilingenjörsprogrammet i energisystem

Småskalig biobränsleeldad kraftvärmeproduktion – teknik och investeringsutrymme

*Small scale combined heat and power production
based on biofuel in Swedish circumstances
– technology and investment*

Ruben Svensson

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för naturresurser och lantbruksvetenskap
Institutionen för energi och teknik

Ruben Svensson

Småskalig biobränsleeldad kraftvärmeproduktion – teknik och investeringsutrymme
Small scale combined heat and power production based on biofuel in Swedish circumstances
– technology and investment

Handledare: Cecilia Sundberg, institutionen för energi och teknik, SLU
Ämnesgranskare: Per-Anders Hansson, institutionen för energi och teknik, SLU
Examinator: Tord Johansson, institutionen för energi och teknik, SLU
EX0269, Examensarbete 30 hp, Avancerad E, teknik
Civilingenjörsprogrammet i energisystem 270 hp

Examensarbete (Institutionen för energi och teknik, SLU)
ISSN 1654-9392
2011:12

Uppsala 2011

Nyckelord: kraftvärme, elproduktion, värmeproduktion, teknikval, investeringsutrymme

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Abstract

To achieve the requirements to decrease emissions of greenhouse gases by 20 % by 2020, Sweden needs to increase its use of bioenergy. In doing so it seems natural that those who already have access to large amounts of biofuels in the form of by-products such as straw, wood chips and digestible materials take advantage of these assets locally. By combining production of heat with power production at the farm it may be possible to not only reduce the direct use of fossil fuel for heating but also reduce energy costs.

The purpose was to simulate different cases of using a small scale biofueled combined heat and power plant for farm-based systems. A MatLab-model was developed and used to draw conclusions about the costs for production of heat and electricity with different conversion technologies.

The model uses climate data to simulate the variations in heat energy demand on a day-to-day basis. The given heat demand is the base of the simulation and from this the possible electric output is calculated. This study has focused on the impact of the following properties: electric-, heat- and total efficiency, fuel, fuel price and specific fuel requirements. The studied cases cover applications with a heat demand from 70 kW to around 400 kW.

In this thesis two case studies has been conducted. The first was a study of a plant with a maximum heat power of 70 kW and fueled with straw. The interesting heat engine in this case was a Stirling engine. After simulations some conclusions could be drawn that suggested that it may be hard to find a Stirling engine that is cheap enough to motivate investment. The second case study was carried out on a dry fermentation plant in the south of Sweden, as substrate algae would be used. After production all biogas should be used as fuel for a micro turbine or for an Otto-engine. Even in these case the result suggested that it would be hard to motivate an investment.

Sammanfattning

För att uppnå EUs krav om minskade utsläpp av växthusgaser till år 2020 gäller det att få in biobränsle som ett naturligt inslag i vår energimix. För att lyckas med detta krävs det att uppvärmning med fossila källor minskar, skulle det vara möjligt att på samma gång producera elektricitet hade mer varit vunnet.

Arbetet har genomförts som en del i SLFs Bioenergiprojekt, ”Kan kraftvärmeteknik vara lönsam för små farmarenergianläggningar?”. Examensarbetet baseras på fallstudier för att utreda vilken eller vilka tekniker samt bränslen som kan vara aktuella för att göra kraftvärmeproduktion till ett lönsamt alternativ till enbart värmeproduktion i de studerade fallen

Arbetet har inriktats på att i MatLab skapa en modell av en kraftvärmeanläggning för att kunna studera olika tekniker. Genom att studera olika tekniker i olika fall har det gått att beräkna hur höga investeringskostnaderna kan vara för att det ska vara ekonomiskt försvarbart att investera i kraftvärme.

I examensarbetet har två fallstudier genomförts. Den första har genomförts på en mindre anläggning på Österlen. För bränsle finns gott om halm att tillgå varför detta var ett naturligt val. Värmeeffekten som krävdes var 70 kW, den teknik som ansågs lämplig för kraftvärmeproduktion var Stirlingmotor. När simuleringarna genomfördes visade det sig att det är svårt att motivera en investering i kraftvärmeteknik eftersom investeringen måste vara liten för att inte den producerade värmen ska bli dyrare än om en värmepanna hade installerats.

Den andra fallstudien som genomfördes var på en torrötingsanläggning som rötar alger till biogas. När biogasen var framställd användes den för att driva en mikroturbin eller en otto-motor för att producera kraftvärme. Även i detta fallet visade det sig svårt att motivera en investering eftersom investeringskostnaden är svår att få tillräckligt låg. Till skillnad från fallstudie ett så är inte denna anläggningen avsedd att bara producera värme för en enskild förbrukare utan har som mål att även kunna sälja värme.

Innehåll

| | | |
|---------|--|----|
| 1 | Introduktion..... | 1 |
| 1.1 | Bakgrund..... | 1 |
| 1.2 | Syfte..... | 1 |
| 1.3 | Avgränsningar..... | 1 |
| 2 | Metod..... | 1 |
| 3 | Teori..... | 2 |
| 3.1 | Kraftvärme..... | 2 |
| 3.2 | Bränsle..... | 2 |
| 3.2.1 | Jordbruksbränslen..... | 3 |
| 3.2.1.1 | Halm..... | 3 |
| 3.2.1.2 | Pellets och Briketter..... | 4 |
| 3.2.1.3 | Spannmål..... | 5 |
| 3.2.2 | Trädbränslen..... | 7 |
| 3.2.2.1 | Brännved..... | 7 |
| 3.2.2.2 | Träflis..... | 8 |
| 3.2.2.3 | Pellets och Briketter av trädbränslen..... | 10 |
| 3.2.2.4 | Träpulver..... | 10 |
| 3.2.3 | Biogas..... | 11 |
| 3.2.3.1 | Våtrötning..... | 11 |
| 3.2.3.2 | Torrötning..... | 11 |
| 3.3 | Värmemaskiner..... | 13 |
| 3.3.1 | Kolvmotorer..... | 13 |
| 3.3.1.1 | Stirlingmotorer..... | 13 |
| 3.3.1.2 | Gasmotorer..... | 14 |
| 3.3.1.3 | Kolvångmaskin..... | 16 |
| 3.3.2 | Turbiner..... | 17 |
| 3.3.2.1 | Ångturbin (Rankine cykel)..... | 17 |
| 3.3.2.2 | Organisk Rankine Cykle (ORC)..... | 18 |
| 3.3.2.3 | Gasturbiner..... | 19 |
| 3.3.2.4 | Externeldade gasturbiner..... | 19 |
| 3.4 | Generatorer..... | 20 |
| 3.5 | Värmesystem..... | 21 |
| 3.5.1 | Hetoljeanläggningar..... | 21 |
| 3.5.2 | Ånganläggningar..... | 22 |
| 3.5.3 | Hetvattenanläggningar..... | 22 |
| 3.5.4 | Varmvattenanläggningar..... | 22 |
| 3.6 | Värmedistribution..... | 23 |
| 3.6.1 | Värmeavsättning..... | 23 |
| 3.6.1.1 | Tappvarmvatten..... | 23 |
| 3.6.1.2 | Kylning av värmenät..... | 23 |
| 3.7 | Eldistribution..... | 24 |
| 3.7.1 | Elnäten och krav på anslutningar..... | 24 |
| 3.7.1.1 | Stamnät..... | 24 |
| 3.7.1.2 | Regionnät..... | 24 |
| 3.7.1.3 | Lokalnät..... | 24 |
| 3.8 | Ekonomi..... | 25 |
| 3.8.1 | Elpris..... | 25 |
| 3.8.2 | Skatter..... | 25 |
| 3.8.3 | Elcertifikatsystemet..... | 26 |
| 3.8.4 | Elnätnytta..... | 27 |

| | |
|--------------------------------------|----|
| 3.9 Modell..... | 27 |
| 3.9.1 Införda beteckningar..... | 29 |
| 3.9.1.1 Tekniska beteckningar..... | 29 |
| 3.9.1.2 Ekonomiska beteckningar..... | 30 |
| 3.9.2 Beräkningsmodell..... | 30 |
| 3.9.2.1 Tekniska Beräkningar..... | 30 |
| 3.9.2.2 Ekonomiska beräkningar..... | 31 |
| 4 Fallspecifika förutsättningar..... | 32 |
| 4.1 Fallstudie 1..... | 32 |
| 4.2 Fallstudie 2..... | 34 |
| 5 Fallspecifika lösningar..... | 36 |
| 5.1 Fallstudie 1..... | 36 |
| 5.2 Fallstudie 2..... | 39 |
| 6 Diskussion..... | 40 |
| 6.1 Fallstudie 1..... | 40 |
| 6.2 Fallstudie 2..... | 41 |
| 7 Slutsats..... | 41 |
| 8 Referenser..... | 43 |

1 Introduktion

1.1 Bakgrund

Europeiska unionen har som mål att 20 % av energianvändningen i EU27 ska komma från förnyelsebara källor år 2020 (Energimyndigheten, 2010). Utöver detta har EU även satt upp landsspecifika mål som innebär att Sverige år 2020 ska ha 49 % förnyelsebar energi i sin energiproduktion. Dock har Sveriges riksdag beslutat att inte nöja sig med detta utan att andelen förnyelsebar energiproduktion ska uppgå till minst 50 % år 2020. Som jämförelse stod den förnyelsebara energiproduktionen år 2009 för 44,7 % av den totala energiproduktionen. Den största delen av denna energi kommer från trädbränsle och lutar inom industrin, följt av vattenkraft.

De enklaste och lönsammaste omställningarna har redan blivit gjorda och i takt med att de fossila bränslena stiger i pris kommer fler och fler mindre anläggningar uppnå lönsamhet och förväntas därmed bli byggda. Vid nybyggnation av små anläggningar kan det anses fördelaktigt att använda sig av lokalproducerade biobränslen. För tillfället är den absoluta merparten av dessa små biobränsleeldade anläggningarna enbart byggda för att leverera värme till en eller ett par mottagare. Då värmeenergi är lågvärdig energi hade det varit önskvärt att använda en värmepump för att producera högvärdig energi (el) och använda förlustenergin för att tillgodose ett värmebehov. Genom att göra detta hade behovet av primärenergi kunnat minska.

1.2 Syfte

Detta examensarbete genomförs som en del av SLFs Bioenergiprojekt, "Kan kraftvärmeteknik vara lönsam för små farmarenergianläggningar?". Examensarbetet baseras på fallstudier för att utreda vilken eller vilka tekniker samt bränslen som kan vara aktuella för att göra kraftvärmeproduktion till ett lönsamt alternativ till enbart värmeproduktion i små anläggningar.

1.3 Avgränsningar

I examensarbetet har vissa avgränsningar gjorts. Dessa avgränsningarna har gjorts då småskaliga kraftvärmeanläggningar enligt Energimyndigheten har en elektrisk effekt under 1500 kW (Energimyndigheten, 2010). Förutom denna avgränsning har arbetet även begränsats i val av bränsle. Grundtanken har varit att biobränslet inte ska vara förädlad vilket har lett till att bränslen såsom RME och etanol har uteslutits. Biogas har tagits med som ett alternativ eftersom denna på ett relativt enkelt sätt går att framställa på gårdsnivå.

2 Metod

Genom insamling av data samt litteraturstudie enligt kap. 3 Teori har en modell konstruerats i

Matlab enligt kap. 3.9 Modell. Simulering av anläggningar med skilda förutsättningar enligt kap. 4 Fallspecifika förutsättningar har genomförts för att beräkna resultaten. Utifrån dessa resultat har slutsatser dragits om vilken teknik som kan vara lämplig att använda sig av i det aktuella fallet för att generera kraftvärme. Teknikvalet samt resultat från simuleringarna har använts för att beräkna om byggnation av kraftvärmeanläggning eller enbart anläggning för värmeproduktion kan vara motiverad utifrån deras olika investeringskostnader.

3 Teori

3.1 Kraftvärme

Energi kan indelas i olika kvalitativa nivåer beroende på hur bra de kan nyttjas för att generera arbete. Högst i denna rangordning återfinns elkraften som således är den mest högvärdiga energin som vi känner, lägst ligger värme. Enligt termodynamikens andra huvudsats är det ej möjligt att helt omvandla en värmereservoar till nyttigt arbete utan det kommer alltid att förekomma spillvärme. Av detta följer att andelen värme som kan nyttjas till arbete sjunker med sjunkande temperatur. Detta ger vid användning för elgenerering att oavsett hur anläggningen konstrueras så kommer det att finnas energi som inte är möjlig att omvandla till något annat.

Traditionellt har det varit ont om kraftvärmeanläggningar eftersom tekniken för att samproducera el och värme har varit väldigt dyr (Frederiksen, S., Werner, S., 2009). Detta har lett till att det bara är i stora baslastanläggningar som det har varit lönsamt att producera kraftvärme. Förutom kraftvärmeanläggningarnas fördel med att de kan leverera högvärdig energi minskar de även förbrukningen av primärenergi. Den stora nackdelen med kraftvärmen jämfört med enbart elproducerande anläggningar är att elverkningsgraden i kraftvärmeanläggningarna är lägre då den kalla sidan av värmemaskinen inte kan kylas till lika låg temperatur som i enbart elproducerande anläggningar, eftersom det då inte skulle bli någon värme kvar att leverera till fjärrvärmenätet.

Kraftvärme bygger på tre processer, först förbränningen av bränsle som värmer den varma sidan av värmemaskinen, därefter värmemaskinen som ger en mekanisk rörelse som används för att generera elkraften. Den sista processen är kylningen av värmemaskinens kalla sida. Det är kylningen av den kalla sidan som ger värmen till fjärrvärmenätet eller till annan värmeförbrukare. Dessa processer finns oberoende av vilken teknik som används. Det finns anläggningar som har tagit detta ännu längre och istället för bara producera el och värme även producerar kyla, dessa benämns då som trigenereringsanläggningar.

3.2 Bränsle

Examensarbetet är avgränsat till att enbart studera biobränslen och speciellt låg eller oförädlade sådana. Dessa går att dela in i olika kategorier beroende på hur de produceras.

3.2.1 Jordbruksbränslen

3.2.1.1 Halm

Halm är en biprodukt vid produktion av spannmål och i takt med att djurbesättningar har försvunnit från många gårdar är det stora områden i Sverige där halmen inte bärgas. Halmen som inte bärgas körs istället ner i jorden där den fungerar som kolkälla (SOCO, 2009). Marken som brukas och som organiskt material förs bort från kommer att få en lägre kolhalt än mark som legat obrukad. Eftersom den organiska kolhalten har betydelse för produktiviteten är det viktigt att försöka hålla den så hög som möjligt för att inte riskera försämrade odlingsegenskaper i framtiden. Marker med höga halter organiskt kol är dessutom mindre känsliga för vädervariationer än marker med lägre kolhalter. Därför måste det noga övervägas om marken är lämplig för halmuttag och hur stora dessa uttagen kan vara utan att kolhalten minskar oförsvarligt mycket. Kolet som avgår från marken gör detta främst som koldioxid och metan varför det finns ytterligare anledningar att hålla kolhalten hög. I Sverige bärgas det årligen halm motsvarande 0,3 TWh, men detta skulle vara möjligt att öka till mellan 4 och 7 TWh (Herland, E., 2005).

Att använda sig av oförädlad halm är den absolut vanligaste metoden för att ta tillvara på energin som annars hade plöjts ner. Halm har ett effektivt energiinnehåll på ca 3 kWh/kg vilket kan jämföras med dieseloljans 11,8 till 13,4 kWh/kg (Strömberg, B., 2010). Eftersom energiinnehållet är så lågt krävs det stora mängder halm för att hålla en anläggning i gång. För att på ett effektivt sätt hantera dessa volymer krävs det standardiserade balar.

Vid större förbränningsanläggningar har det blivit balar av sk. hesstontyp som blivit den vanligast förekommande (Bernesson, S., Nilsson, D., 2005). Hesstonbalar är fyrkantiga hårdpressade balar med måtten 1,2*1,2*2,5 m, balarna pressas med ett tryck om tre till fem bar. Detta ger en densitet på mellan 110 och 190 kg/m³ vilket leder till en balvikt på mellan 410 och 710 kg. Balarna kommer då att tillföra mellan 1,23 och 2,13 MWh/st. Vid stora anläggningar blir transporterna viktigare än vid små anläggningar eftersom halm i det direkta närområdet inte räcker till. Eftersom transporternas kapacitet begränsas av volym snarare än vikt är det önskvärt att balarna blir ännu tyngre för att på så sätt spara in på antalet transporter. Nackdelarna med att pressa balarna hårdare är att det ökar slitaget på maskinerna samt kräver mer energi per bal.

Mindre halmanläggningar använder sig oftare av rundbalar då dessa är billigare att pressa (Bernesson, S., Nilsson, D., 2005). Däremot är effektiviteten på rundbalspressen betydligt mindre än på hesstonpressen. Rundbalar pressas vanligen med en bredd av 1,2 m och en diameter som varierar mellan 1,2 och 1,8 m. Rundbalspressade balar har en densitet på mellan 100 och 120 kg/m³, vilket leder till att balarna kommer att variera i vikt mellan 150 och 330 kg. Det enskilt största problemet vid hantering av rundbalar är de stora volymerna som inte kan användas effektivt vid transport och lagring samt deras låga densitet. Rundbalarna ger på mellan 0,45 och 1 MWh/st.

Ett problem med halm är att det under våta år kan bli svårt att få fram tillräckliga mängder halm av god kvalitet (Eriksson, Å., 2010). Vid värmeverk tas oftast inte halm emot om den har en vattenhalt på över 20 %. Det normala är dock att vattenhalten ligger mellan 10 och 15 %. För halm som ska lagras är det väldigt viktigt att vattenhalten är låg eftersom det annars kan leda till tillväxt av bakterier och svampar. Denna tillväxt kan få temperaturen att stiga så högt att halmen självantänder. Om halmen inte håller tillräckligt hög kvalitet och är tillräckligt torr kommer det att leda till högre slitage och mer underhåll samt minskad driftsäkerhet.

Halmens sammansättning med höga halter alkalimetaller och klor leder till att rökgaserna kommer att vara korrosiva på grund av att det bildas natriumklorid och kaliumklorid vid förbränningen. Dessa ämnen utsätter hela systemet för korrosiva belastningar som minskar livslängden på alla komponenter som utsätts för rökgaserna (Bernesson, S., Nilsson, D., 2005).

Gällande askhalten i halmen så ligger den i normalfallet mellan 2,5 och 5 % vilket ska jämföras med 0,5 till 1 % i träflis. Askans smältpunkt ligger under smältpunkten för träbränslen med halmens 800 – 1000 °C mot träbränslets 900 - 1200 °C. Att smälttemperaturen ligger lågt innebär att det kan bli problem med sintring i pannorna om inte förbränningstemperaturen hålls nere. Den låga temperaturen ställer till problem vid elgenerering eftersom man då vill upp i så höga temperaturer som möjligt. Vid generering av el i små anläggningar med halmeldning är det få värmemaskiner som passar. Framförallt är ORC-anläggningar (kap 3.3.2.2) avsedd för detta eftersom den kan arbeta på lägre temperaturdifferenser. Vid större anläggningar är det även möjligt att använda ångturbiner (kap 3.3.2.1) men eftersom dessa arbetar med högre tryck ställs det högre krav på komponenterna. Som alternativ till ångturbinen i mindre anläggningar finns kolvångmotorn (kap 3.3.1.3). Kolvångmaskinen förutsätter dock att anläggningen klarar trycken som uppstår vid ångframställning. Externeldade gasturbiner (kap 3.3.2.4) är inte användbara eftersom det inte är möjligt att uppnå temperaturer höga nog för att driva turbinen utan att halmaskan sintrar. Stirlingmotorerna (kap 3.3.1.1) vars verkningsgrad styrs av temperaturskillnaden är pga sin enkla och robusta konstruktion möjliga att använda sig av i små installationer. Dessa kommer dock att ha låg verkningsgrad eftersom halmen måste förbrännas vid så låg temperatur och verkningsgraden är direkt beroende av temperaturen på den varma sidan av motorn.

3.2.1.2 Pellets och Briketter

Pellets och briketter har stora likheter eftersom tillverkningsprocessen är väldigt likartad och det som skiljer är att de färdiga produkterna har olika storlek. Halmpellets används inte i någon större utsträckning för eldning i Sverige, anledningarna till detta är flera men framförallt ekonomiska (Johansson, A., 2010). Det finns inte något intresse för att tillverka halmpellets för eldning då de måste kunna konkurrera med träpellets i pris. Istället för pellets till eldning så fokuserar tillverkarna

på att tillverka pelletar för användning som hästströ. Hästströpelletarna pressas vid ett lägre tryck vilket leder till en billigare produktion samtidigt som dessa kan säljas till ett högre pris än de hårdpressade. Under en tid förekom det försök med eldning av halmpellets och detta fungerade väl som värmekälla för bostadshus eldade med en pelletsbrännare i en konverterad oljebpanna. Under åren som förbränningen pågick visade analyser på ett värmevärde runt 4,3 kWh/kg.

Egna försök med halmpellets från Laga bioenergi visar på problem att elda halmpelletsen i en brännare avsedd för träpellets (VikingBio från Värmebaronen). Det uppstod problem med sintring och då det inte fanns möjlighet att justera förbränningstemperaturen gick det inte att elda med halmpelletsen. Vid en blandning på ca 50 % halmpellets och 50 % träpellets minskade dock sintringen så pass att det var möjligt att ha en kontinuerlig förbränning. Det bör däremot noteras att det då var problem att få fullständig förbränning på halmpelletsen och askmängden var betydligt högre än vid eldning av enbart träpellets. Analyser genomförda på halmpellets visar på en askhalt på 4,9 %, ett effektivt värmevärde på ca 4 kWh/kg samt en vattenhalt på 11 %. Brikettering av halm är ett sätt att göra den mer lättillgänglig genom att öka densiteten vilket leder till att det blir lönsamt även om transportavståndet skulle öka. Briketterad halm har ett energiinnehåll på ca 4,4 kWh/kg precis som pelleterad halm. Anledningen till att energiinnehållet är högre än för oförädlad halm beror på att vattenhalten har sänkts från halms 10 – 20 % till 10 – 15 %.

Färdiga briketter och pelletar är känsliga för fukt och faller sönder om de utsätts för den. Lagring av pellets förekommer i allt från småsäckar på 10 kg till storsäckar och silos, briketter däremot lagras normalt sett enbart i silos. Vid lagring finns det risk, framför allt vid briketter, att dessa bildar valv i behållaren. Vid malning av briketterna till pulver ökar risken betydligt för valvbildning i silosarna varför det fodras att uppehållstiden mellan malning och förbränning hålls låg.

De största användningen av halmbriketter är som ersättare för bränslen såsom stycktorv eller ved då de eldas i samma typ av panna (Bernesson, S., Nilsson, D., 2005). Briketterna och pelletar har samma ask- och rökgasegenskaper som den oförädlade halmen. Förbränning av pelletar sker via stokermatning eller kylt brännarrör. Briketter mals oftast och används som kompletteringsbränsle i pulvereldade anläggningar. Anläggningar som eldas med pulver är ofta byggda för att förbränna kol men har sedan konverterats till biobränsle.

Vid elgenerering är det samma tekniker som för halm (kap 3.2.1.1) som är intressanta. Där pelletarna skulle användas i de små anläggningarna till att driva stirlingmotorer (kap 3.3.1.1) medan briketterna används i större anläggningar där det är möjligt att använda sig av traditionella ångturbiner (kap 3.3.2.1) eller möjligen ORC-system (kap 3.3.2.2).

3.2.1.3 Spannmål

I Sverige används varje år uppemot 50 000 ton spannmål som bränsle. Andelen spannmål som används för energi varierar stort från år till år och styrs utifrån priset på spannmål. Anledningen till

att användningen skiljer mycket från år till år är att spannmålsspannorna i år väldigt okänsliga för vad det är för bränsle som matas in. I princip är kravet att bränslet ska vara brännbart och gå att transportera med skruv samt ha askhalt som inte ligger mycket över spannmålens.

Spannmålen är allmänt lika lätthanterliga som träpellets med den skillnaden att det blir 8-10 gånger så mycket aska (Bioenergiportalen.se, 2010). Denna aska har precis som halmen en låg smälttemperatur och kan därför ge stora sintringsproblem om den eldas under fel förutsättningar. Arbetsinsatsen blir därmed mindre än vid eldning med halm eller ved men högre än vid eldning av flis eller träpellets. Till spannmålens nackdelar hör att den är betydligt dyrare än halm. Spannmålen innehåller mycket kväve, svavel och klor. Dessa ämnen kan orsaka stora skador på såväl panna som skorsten och rökgångar. För att minska denna risk är det viktigt att rökgastemperaturen hålls hög, så rökgaserna inte kommer att kondenseras och falla ut som syra i skorstenen.

Vid eldningen anses i Sverige havre vara den bästa spannmålssorten pga dess höga fetthalt vilket ger den ett högre energiinnehåll (Persson, B, 2010). Havren har en mjukare kärna vilket leder till att den lättare tar eld och minskar risken för sintring. I Europa är det inte lika självklart att utnyttja just havre utan där används istället vad man har tillgängligt, oftast avrens från egna spannmålslager. Det vanligaste bränslet blir då höstvetete eftersom det är den dominerande grödan. I Sverige är det inte lika vanligt med rensmaskiner på gårdarna. På alla spannmålsanläggningar blir det dock spannmål som blir dåligt, detta tillsammans med partier med för dålig volymvikt och för dåligt falltal borde dock gå att utnyttja i större utsträckning. Spannmål har ett värmevärde i storleksordningen 4 kWh/kg. Skillnaderna mellan spannmålsslagen sträcker sig mellan 3,9 och 4,2 kWh/kg med rågveten lägst och havren högst. Spannmålspriserna skiljer beroende på sort och årets skörd.

För att minska riskerna för sintring vid framförallt rågvete som lätt sintrar kan spannmålen blandas med kalk. Upp till 1,5 vikt-% kalk kan blandas in för att höja rökgasernas pH. (Andersson, J., et al, 2004) På så sätt kan askans smältpunkt höjas. Vid inblandning av kalk kommer rökgaserna dessutom att få ett högre pH vilket i viss utsträckning minskar risken för syraangrepp på utsatta delar. Vid spannmålseldning i små anläggningar under årets kalla månader är det en väsentligt högre risk att rökgastemperaturen sjunker och därmed ökar slitaget på anläggningen. I större anläggningar är det vanligare att rökgastemperaturen sjunker under den varma delen av året då pannan enbart används för att producera tappvarmvatten.

Vid förbränning finns det ett par olika typer av pannor att använda sig av. I dagsläget används två olika, stokerkmatad med rörlig roster samt brännare med kylt brännarrör. (Bioenergiportalen.se, 2010) Den stokerkmatade utmärks av en mindre risk för sintring pga att askan hålls i rörelse och matas ut kontinuerligt. Typen med kylt brännarrör är väldigt kompakt och enkel, principen är att bränslet trycks in i brännarens början och förbränns här, samtidigt som nytt bränsle trycks in i brännarröret trycks aska ut i andra änden. Denna konstruktion är mycket enklare och mekaniskt

mindre komplicerad än den med rörligt roster. Samtidigt som den är enklare och mindre komplicerad har den sämre utnyttjande av bränslet samt ökad risk för sintring.

Om spannmålen ska utnyttjas för att producera el finns det ett par alternativ att välja mellan. Dessa typer bör inte ha problem med att växla mellan olika bränsle utan bör vara flexibla eftersom det kan vara möjligt att utnyttja de högre temperaturerna som kan uppnås under tider när andra bränslen används. Spannmålsanläggningar är oftast mindre anläggningar avsedda för att värma upp en eller ett par hushåll. Detta leder till att lösningen inte kan kräva bemanning utan på sin höjd daglig tillsyn. De tekniker som kan fungera då är stirlingmotorer (kap 3.3.1.1) eller ORC-anläggningar (kap 3.3.2.2). Om det är vanligt att anläggningen ska skifta bränsle är det fördelaktigt att använda sig av stirlingmotorer då deras verkningsgrad kommer att förbättras vid byte till bränsle med högre förbränningstemperatur.

3.2.2 Trädbränslen

Trädbränslen definieras i svensk standard SS 187106 som bränslen som tillverkats från trädråvara och som inte genomgått någon kemisk process. Trädbränslen innefattar alla biobränslen där träd eller delar av träd är utgångsmaterial.

Den årliga tillväxten i den svenska skogen är omkring 100 miljoner m³_{sk}. Eftersom landet till så stor del är täckt av skog finns det stora förutsättningar att utnyttja denna för lokal biobränsleproduktion. En stor del av stamveden som avverkas går till anläggningar som förädlar den. I dessa anläggningar blir det stora mängder biprodukter såsom såg- och kutterspån som kan användas som biobränslen. Biprodukterna i dessa anläggningar används i dagsläget fullt ut som bränsle.

3.2.2.1 Brännved

Brännved har traditionellt sett bestått av björk och al. Skillnaden mellan olika träslag ligger i densiteten och därmed även i energiinnehållet. Det förekommer inte någon storskalig eldning av brännved eftersom det är svårare att hantera eldning av hela vedklabbar än vad det är att hantera flis eller liknande. Många husägare har dock tillgång till brännved som kan bärgas nästan gratis, varför detta i stor utsträckning används som tillskottsvärme i enskilda hushåll. Även 3 meters stamved finns till försäljning, till ett pris som motsvarar ca halva pelletspriset.

Askhalten ligger mellan 0,4 och 1,7 % medan värmevärdet ligger runt 4,5 - 5 kWh/kg (Strömberg, B., 2005). I Sverige värms ca 20 – 25 % av villorna med ved som huvudsakligt bränsle vilket motsvarar 2,4 – 3 TWh/år. För att elda med ved krävs stor egen insats medan det är det billigaste bränslet.

Möjligheterna att producera el från denna småskaliga förbränning är väldigt begränsad, speciellt då förbränningen i allmänhet sker som förbränning i satser som värmer upp vatten i ackumulatortankar. Då det är satseldning och den sköts manuellt krävs det en stor egen arbetsinsats och eldning sker i allmänhet en till tre gånger om dagen under den kalla delen av året. Vilket inte kan motivera elgenerering om det inte rör sig om att satselda och lagra värmen i en ackumulatortank innehållande hetolja som värmer en ORC-krets (kap 3.3.2.2) vilken kyls med varmvattenslingan. Det är mycket tveksamt om den lösning kan bli lönsam att använda sig av då investeringen kommer att kosta betydligt mer än vad det kan generera el och värme för. Personer som eldar med brännved får således ta tillvara på den billiga värmen som det är men utan att kunna producera el.

3.2.2.2 Träflis

Träflis är samlingsnamnet på alla träprodukter som har blivit flisade för att lättare kunna hanteras och brännas. Träflisen kan delas upp i olika kategorier beroende på var den kommer ifrån, vilka beskrivs nedan.

Vid all lagring av flis i stack är det problem med förluster framförallt då flisen är fuktig och färsk, vid för lång lagring kan flisen bli oanvändbar (Strömberg, B., 2005). Flis har ett effektivt värmevärde omkring 5 kWh/kg och askhalt mellan 0,4 och 4 %, ej returflis.

3.2.2.2.1 Skogsbruk

Det som vanligen menas med träflis är den flis som kommer direkt från skogen eller som biprodukter vid förädling (Strömberg, B., 2010). Även i denna grupp finns tre olika typer av flis, stamvedsflis, GROT och stubbar. Stamvedsflisen är den renaste och används även till tillverkning av pellets och briketter, GROT (grenar och toppar) är en råvarutillgång som ökat kraftigt på senare år och SWEBIO uppskattar att potentialen är omkring 50 TWh / år i Sverige. Den sista typen av flis från skogsbruket är stubbflis som genom brytning kraftigt kan öka den uttagna bioenergimängden från skogen. Varken GROT eller stubbar är intressant vid tillverkning av pellets och briketter då de kan innehålla stora mängder jord och andra föroreningar som inte är önskvärda i pellets.

Vid förbränning är det ovanligt att använda sig av enbart GROT eller stubbar utan istället blanda med stamvedsflis eller torv. Detta beror på att stamvedsflisen och torven är mer homogen och därmed kan antalet problem på anläggningen minskas.

3.2.2.2.2 Energiskog

Den vanligaste energiskogen i Sverige består av Salix vilket är samlingsnamnet på sälg, vide och pil. Det tas ständigt fram nya arter för att få bättre motståndskraft mot skadeinsekter och snabbare tillväxt, även hybridpoppel förekommer.

Naturvårdsverkets framtidsvision bedömer att det 2021 är möjligt att odla upp mot 15 – 20 Twh/år i Sverige (Strömberg, B., 2005). För att kunna hålla en hög produktion är det väldigt vanligt att det gödslas med handelsgödsel samtidigt som det finns anläggningar där salixodlingar används som ett komplement till reningsverk och minskar på så sätt utsläppen av tungmetaller. Salix som har bundit upp tungmetaller kommer att generera aska med högt innehåll av tungmetaller, eftersom merparten av dessa hamnar i flygaskan kan denna behöva deponeras. Skördarna vid salixodlingar är i storleksordningen 12 ton torrsbstans /år. Salixen skördas vart tredje till femte år och har en livslängd på 20 - 30 år beroende på förutsättningar.

Vid malning till träpulver istället för flis har salixpulvret större benägenhet att bilda valv och kräver uppemot 60 % mer energi för malning än barrträd. Det finns indikationer på att temperaturen där salix sintrar ligger lägre än temperaturen för övriga trädbränslen och kan vara så låg som 860 °C.

3.2.2.2.3 Returflis

Returflis eller RT-flis är en generell benämning på de restprodukter av trä från konsumtion som återanvänds. RT-flisen kan innehålla stora mängder kemiska föroreningar samt metaller och plaster. De mekaniska föroreningarna (metaller och plaster) kan sorteras bort vid krossningen till flis. De kemiska föroreningarna är betydligt svårare att sortera ut varför detta inte görs.

Stora delar av de kemiska föroreningarna består av rester från ytbehandlingar och tryckimpregneringar varför de dominerande ämnena är zink, bly, arsenik, koppar samt krom. Dock är det stor spridning mellan olika partier varför det är i det närmaste omöjligt att få ett representativt prov på flisen. Flisen kan innehålla tungmetaller och/eller organiska halogenföreningar varför det krävs periodiska mätningar av rökgaserna och minst två sekunders uppehållstid i förbränningskammaren med en minimum temperatur på 850 °C.

Normalt blandas RT-flis med rent flis för att få ett mer homogent bränsle (Strömberg, B., 2005). Inblandningen ligger ofta på 10 - 40 % returflis. Det finns även anläggningar som enbart eldar med RT-flis och förbränningstekniskt fungerar detta bra fastän det ofta finns större andel små partiklar än i rent flis. De högre halterna mekaniska föroreningar leder i viss utsträckning till problem med beläggning på överhettare samt sintring i pannan. Returflisen är inte ett intressant alternativ för små pannor eftersom investeringen i den avgasrening som krävs är för hög.

3.2.2.2.3.1 Förbränningsegenskaper och elgenerering för flisbränsle

Förbränningstekniskt finns det ett antal olika möjligheter för att på ett effektivt sätt kunna tillgodogöra värmen. Det vanliga är förbränning på roster eller i fluidiserande bädd, men även alternativ förekommer. Förbränningstekniskt är det inte mycket som skiljer de olika flisbränslena åt

mer än att vid förbränning av RT-flis måste uppehållstiden kunna garanteras samt vid förbränning av salix kan det vara riskabelt att ha för höga temperaturer eftersom det då riskeras sintring.

Vid generering av el är flis ett väldigt användbart bränsle eftersom det går att förbränna vid höga temperaturer. Vid små anläggningar kan det vara lämpligt att använda sig av stirlingmotorer för deras robusthet, men även ORC-anläggningar borde vara goda val. När storleken ökar upp emot 70 kW el kan det vara intressant med externeldade turbiner även om dessa ännu är på ett försöksstadium, men de har en stor potential. När anläggningarna är stora är det ångturbinen som är det givna valet eftersom det är en välbeprövad teknik med hög driftsäkerhet.

3.2.2.3 Pellets och Briketter av trädbränslen

Pellets och briketter framställs ur restprodukterna vid träindustrier nämligen sågspån och kutterspån. Hälften av materialet som kommer till sågverken blir till virke medan den andra halvan avgår som spill och kan användas till energi.

Genom att förädla trädbränslet till pellets och briketter så blir det homogent. Eftersom bränslet är homogeniserat blir hanteringen och förbränningen enklare att kontrollera. Detta gör att förbränningsanläggningarna kan få högre tillgänglighet samt minskat behov av tillsyn. Minskningen i tillsyn straffas dock av att bränslet blir dyrare ju mer förädlad det är. Pellets har till viss del kunnat ersätta oljeuppvärmning eftersom det är lätthanterligt nog att lagra och använda samt kräver betydligt mindre av den som eldar än vad brännved kräver. Briketter är större pelletar som därmed även blir billigare, både med avseende på transport och tillverkning. Vid pressning av pellets kan vattenånga användas som bindmedel, vid tillverkning av briketter används inte något bindmedel.

Briketter och Pellets har i storleksordningen samma värmevärde som flis och en askhalt mellan 0,4 och 0,8 %. Elgenerering kan genomföras med samma tekniker som för träsflis. Således är det bara metoder med intern förbränning som exkluderas. Pellets och briketter kan förbrännas under höga temperaturer utan att sintra varför det skulle vara möjligt att driva en externeldad turbin med hög verkningsgrad.

3.2.2.4 Träpulver

Träpulver eldas ofta i pulverpannor som från början var avsedda för andra pulverbränslen såsom pulvereldade kolpannor. Leveranserna sker oftast i form av pellets eller briketter som mals vid anläggningen. Anledningen till att leveranserna sker i pelletsform är för att pulvret är väldigt volymiöst varför transporterna blir dyra. Pulvret har därför samma egenskaper som pelletsen eller briketterna både gällande förbränningsegenskaper och möjligheter för elgenerering.

3.2.3 Biogas

Biogas är ett förnybart bränsle som består till största delen av metan och koldioxid där det är metanhalten som bestämmer energihalten (Lantz, M., 2004). För att framställa gasen rötas ett kolhaltigt substrat i syrefri miljö. Det finns två olika processer att välja mellan beroende på vilket substrat som ska rötas. Vanligen sker rötningen i en våt miljö med ett substrat som har en torrsustanshalt (TS-halt) kring 10 % eller i en torrötningsprocess där det är möjligt att röta substrat med en TS-halt över 30 % (Nordberg, U., Nordberg, Å., 2007). Biogasen är i sin sammansättning identisk med naturgasen varför det är möjligt att kombinera de båda.

3.2.3.1 Våtrötning

Våtrötningsprocessen är en välkänd och väldokumenterad teknik som används på substrat med en TS-halt kring 10 %. Substrat med TS-halt över 10 % används även, men då krävs det att substratet späds till rätt TS-halt. Eftersom denna tekniken har utvärderats i många studier (t.ex. SGC rapport 206, Gårdsbiogashandbok, 2009) tas den inte med i detta examensarbetet .

3.2.3.2 Torrötning

3.2.3.2.1 Substrat

Som substrat i torrötningsanläggningar kan en mängd olika substrat väljas (Nordberg, U., Nordberg, Å., 2007). I princip kan alla stapelbara organiska material användas vilket gör att TS-halter från 20 % och upp till 80 % är möjliga i rötammaren. Substraten som används vid torrötning har även den fördelen att de kan vara ganska grova i strukturen eftersom de inte behöver kunna pumpas och eftersom uppehållstiden i reaktorn behöver vara lång. Beroende på vilket substrat som ska användas i processen blir metanutbytet olika, dock ligger energiinnehållet i biogasen på ca 9,75 kWh/Nm³ metan.

Tabell 1: Substrategenskaper (ungefärliga värden)

| Substrat | TS [%] | VS av TS [%] | Metanutbyte [Nm ³ /ton VS] | Energiinnehåll [kWh / ton VS] |
|--------------------------------|-----------|-----------------|--|----------------------------------|
| Gödsel nötkreatur ¹ | 32 | 81 | 210 | 2050 |
| Gödsel gris ¹ | 23 | 81 | 250 | 2450 |
| Gödsel fjäderfä ¹ | 45 | 80 | 175 | 1700 |
| Halm ¹ | 86 | 87 | 200 | 1950 |
| Parkavfall ¹ | 60 | 60 | 250 | 2450 |
| Alger / tång ² | 20 | 62 | 200 | 1950 |

¹ Nordberg, U., Nordberg, Å., 2007

² Davidsson, Å., Ulfsson, E., 2008

Beroende på vilket substrat som används kan det finnas andra saker att tänka på förutom metanutbytet, nämligen huruvida det finns tungmetaller eller liknande föroreningar i substratet. I fallet med alger har det visat sig att halten kadmium är så pass hög att det inte är lämpligt att använda rötresterna som gödningsmedel.

Vid lagring av substrat finns det ett par olika metoder. Skall substratet långtidslagras behöver det lagras på ett sätt som inte bryter ner det, därför används ofta samma teknik som vid ensilering av vallfoder, för kortare lagringstider går det att lagra substratet direkt på marken.

3.2.3.2.2 Process

Vid torrrotning finns det två olika processer, dels den satsvisa och dels den kontinuerliga. Här kommer den satsvisa att behandlas eftersom det är den som i störst utsträckning används i Europa (Nordberg, U., Nordberg, Å., 2007). Den satsvisa torrrotningen kallas även för garagerötning eftersom rötammaren är utformad som ett garage med en gastät port. Substratet lastas in i rötammaren med hjälp av en lastare eller motsvarande. När rötammaren är full stängs porten och rötresterna sköljs av vatten. För att öka starthastigheten på rötningen kan perkoleringsvatten från en annan rötammare användas och på så sätt ympa processen. Vid byggnation av satsvisa rötprocesser konstrueras anläggningarna med flera rötammare för att på så sätt kunna ympa nyfyllda rötammare för att på så sätt få de att starta upp snabbare.

När processen är igång pumpas vatten in ovanför substratet och får sakta sjunka ner till botten där vätskan pumpas upp till toppen igen. Vätskan har flera funktioner, dels ska den hålla allt material fuktigt för att bakterierna ska tillväxa, vätskan ska även tillse att temperaturen i rötammaren hålls konstant på ca 37 °C.

3.2.3.2.3 Rötrestes

När metanutvecklingen avstannat är det tid att tömma rötammaren på rötresterna som blir kvar (Nordberg, U., Nordberg, Å., 2007). Beroende på vilken TS-halt som fanns i det ingående substratet kommer TS-halten i rötresterna att variera vilket kan kräva olika hanteringar av de. Förutom att TS-halten varierar kommer även mängden näringsämne att variera varför det är svårt att sätta något exakt pris på resterna.

Rötrestes som innehåller stora delar fosfor och kväve kan betinga ett värde som gödselmedel inom den agrara näringen. Beroende på hur den ska värderas kommer priset för biogas att variera. Alger är ett substrat som ofta innehåller för höga halter av tungmetallen kadmium för att det ska vara möjligt att direkt använda som gödningsmedel. Förutom kadmium innehåller alger relativt höga halter av fosfor vilket hade varit önskvärt att kunna ta tillvara. Metoder för att kunna extrahera kadmium finns men är dyra och komplicerade (Davidsson, Å., Ulfsson, E., 2008). Alternativa metoder för att ta tillvara på fosfor men rena bort tungmetallerna har undersökts och det är möjligt att odla energiskog som gödslas med rötresterna för att senare förbrännas (Boldt, L., Stridh, C., 2003). Vid förbränning kommer tungmetallerna att hamna bland flygaskan medan fosfor stannar i bottenaskan.

3.2.3.2.4 Energiutvinning

För att utvinna energi ur biogasen finns det många alternativ, möjligheterna varierar från att använda mikroturbiner (kap 3.3.2.3) till gasmotorer (kap 3.3.2.3) som fungerar enligt otto- eller dieselcykeln.

3.3 Värmemaskiner

3.3.1 Kolvmotorer

3.3.1.1 Stirlingmotorer

Stirlingmotorn är en kolvmotor som använder sig av extern förbränning. Att motorn är externeldad innebär att motorns arbetsmedium inte deltar i förbränningen, vilket betyder att arbetsmediet inte förbrukas. Vanligtvis använder man sig av vätgas eller helium som arbetsmedium.

Kretsprocessen för en stirlingmotor visar att den approximativt använder sig av en carnotprocess. Då det är en carnotprocess är den även regenerativ. I teorin ger detta att verkningsgraden på en stirlingmotor enbart bestäms av temperaturskillnaden mellan den kalla och varma sidan. Eftersom den verkliga processen skiljer sig från den teoretiska kommer även verkningsgraden att göra det. Den största skillnaden mellan den teoretiska och verkliga verkningsgraden beror på att till- och bortförsel av värme inte sker isotermiskt. Andra saker som sänker verkningsgraden är att det

förekommer värme- och strömmningsförluster. Verkningsgraden hos en stirlingmotor ligger i storleksordningen 35 - 45 %, För stirlingmotorer avsedda för stationär drift med naturgas uppnås ca. 45 % medan oljeldade i fordon ligger närmare 42 %.

Den stora fördelen med stirlingmotorer är att dom är väldigt okänsliga för val av bränsle då allt brännbart går att använda. Dessutom kommer all förbränning att ske kontinuerligt och med stort luftöverskott som säkerställer att förbränningen kommer att vara i praktiken fullständig.

Moderna stirlingmotorer med flera kolvar skiljer sig från de äldre varianterna genom att båda sidorna av arbetskolvarna används. (Alvarez, H., 2006) På ovansidorna av kolvarna tillförs värme som gör att gasen expanderar och trycker ner kolven. Samtidigt som detta sker svalnar gas under arbetskolven och skapar ett undertryck. När kolven har pressats tillräckligt långt ner öppnas en ventil som låter det varma mediet strömma via en värmeväxlare till undersidan av nästa kolv där den får svalna och ge ett undertryck. När undertrycket bildas på undersidan ges samtidigt ett övertryck på ovansidan som kommer att pressa kolven neråt. Så fortsätter processen kolv för kolv tills alla kolvarna har gjort en cykel. Då stirlingmotorn är en fyrtaktsmotor krävs minst fyra cylindrar för att det ska gå att använda sig av dubbelverkande cylindrar.

Stirlingmotorn utmärker sig framför allt på bränsleflexibiliteten, men även på sina goda dellastegenskaper och långa livslängd. Den långa livslängden bygger till stor del på den jämna driften och den hermetiska tillslutningen. Dellastegenskaperna bygger på de olika metoderna för effekthereglering där den som tillämpas vid stationär drift är sänkning av temperatur på den varma sidan av motorn. Om snabbare reglering krävs kan motorerna byggas för dölslastreglering och det kan även finnas system för att kortsluta flödena mellan cylindrarna för att uppnå snabbare reglering. Dock behövs inte snabb reglering vid stationär drift i kraftvärmeanläggningar. Stirlingmotorer byggs i storlekar från 1 kW till flera MW, motorerna för användning till bioenergi ligger vanligtvis mellan 9 och 75 kW på vevstaken (Bernesson, S., 1992).

3.3.1.2 Gasmotorer

Gasmotorer finns i många olika utförande och bygger därmed på flera tekniker. De grundläggande teknikerna för gasmotorer med intern förbränning bygger på otto- och dieselmotorer.

3.3.1.2.1 Ottomotorer

För ottomotorn tillämpas två olika förbränningsprinciper. Dels den stökiometrisk förbränningen och dels den som kallas mager drift eller på engelska lean-burn. Alla moderna motorer som arbetar efter ottocykeln har en lambdasond monterad i grenröret för att styra mängden bränsle som ska sprutas in i cylindern. Lambdasonden är en sond som mäter mängden syre i avgaserna som finns kvar efter

förbränningen. Genom att reglera mängden syre till förbränningen kan motoreffekten styras eftersom minskad luftmängd till förbränningen kommer att göra att mindre bränsle tillförs.

I motorer som arbetar enligt ottocykeln tillsätts bränslet innan kompression och en blandning bestående av luft och bränsle komprimeras tills kolven nått tändpunkten. När kolven når tändpunkten vilken ligger 15 – 20° på vevaxeln innan övre dödläget så tänder ett elektriskt tändstift den komprimerade blandningen. Den komprimerade blandningen ökar i volym och pressar kolven neråt. Den stökiometriska förbränningen och lean-burn har lite olika egenskaper som beskrivs nedan, det som är gemensamt är dock verkningsgraden efter elgenerering som ligger omkring 25 - 35 % och en totalverkningsgrad på 81-90 % (Olsson, J., Persson, C., 2002).

3.3.1.2.1.1 Stökiometrisk förbränning

Den stökiometriska förbränningen strävar efter att hålla det stökiometriska förhållandet mellan syre och bränsle till 1. (Johansson, B. 2010) Detta innebär att allt syre och allt bränsle som sprutas in ska reagera med varandra. Den stökiometriska förbränningen sker i regel i vanliga bensinmotorer där effekten sällan är över 50 kW. En vanlig bensinmotor beräknas klara sig i ca 2 år vid stationär drift innan den är i behov av så stora reparationer att det är billigare att helt byta ut den. Oljebyte sker med 600-800 timmars intervall. Även för denna är verkningsgraden ungefär densamma som för ottocykeln.

3.3.1.2.1.2 Lean-burn

Lean-burn förbränningen är den vanligaste förbränningsprincipen när det gäller stationära motorer. (Alvarez, H., 2006) Denna princip bygger på att bränslet förbränns vid ett överskott av syre. Om det finns ett stort överskott på syre kommer den termiska verkningsgraden att öka då mer av bränslet kommer att förbrännas. I teorin kommer detta även att ske i den stökiometriska förbränningen men det är inte möjligt att få en fullständig blandning av bränsle och luft. En annan fördel med det stora luftöverskottet är att förbränningstemperaturen kommer att sjunka vilket ger minskade utsläpp av kvävgaser (NO_x). De lean-burn motorer som används vid stationär drift med biogas är konverterade dieselmotorer som har fått elektrisk tändning. Förbränningscykeln har en verkningsgrad marginellt över verkningsgraden vid stökiometrisk förbränning.

3.3.1.2.2 Dieselmotorer

Om en dieselmotor ska använda gas som drivmedel finns det två olika konverteringsmetoder, dual-fuel samt lean-burn. Dual-fuel systemet är det enda som verkar enligt dieselcykeln medan lean-burn fungerar enligt ottoprincipen (Andersson, S-L., Holmgren, M., 2010). De olika metoderna behövs eftersom gasen till skillnad från i ottomotorn inte kan antändas genom det normala tändsystemet

som är kompressionständning Vid drift i dieselmotorer kan serviceintervallerna förlängas avsevärt jämfört med bensinmotorer och tändstiften uppges hålla uppemot 4 000 timmar och stora servicar med ca 2 års intervall då topplock och ventiler byts.

3.3.1.2.2.1 Dual-fuel

Dual-fuel tekniken är den teknik som först kom att tillämpas vid gaskonvertering av dieselmotorer (Bernesson, S., 1992). Dual-fuel innebär precis som namnet antyder att motorn använder sig av två bränslen. Dieselmotorn antänder genom att komprimera luft till 30-50 bar. Vid denna komprimering kommer temperaturen att stiga till 550-700 °C. När kolven når sitt övre dödläge sprutas dieseln in och antänds direkt. Vid gas/dieseldrift förs gasen in i cylindern innan kompressionen och komprimeras tillsammans med luften. När det sedan är tid för att tända cylindern sprutas det in diesel som vanligt. Dock ersätts 0 – 95 % av dieseln med gas. Denna metoden har fördelen att om det blir problem med gastillförsen kommer dieseln att ersätta denna och motorn fungerar som vanligt. Dieseln fungerar dock i vanliga fall som pilotlåga med ett litet energitillskott. Med dual-fuel tekniken kan verkningsgraden ökas från den med ottomotorn men det är fortfarande inte några stora skillnader i verkningsgraderna.

3.3.1.3 Kolvångmaskin

Kolvångmaskinen är den äldsta typen av värmemaskin som uppfanns redan i början av 1700 talet av Newcomen. Under åren har den förfinats men har inte förekommit i större utsträckning sedan början av 1900-talet då småmotorerna ersattes av dieselmotorer och de större ersattes av ångturbiner. Anledningen till detta var den låga mekaniska verkningsgraden på kolvångmotorerna. På senare år har ett nytt intresse för kolvångmotorn uppstått i takt med att det har kommit en marknad där det inte enbart är den mekaniska effekten som efterfrågas utan att det istället är rätt drivning på rätt ställe. Ångmotorn är inte intressant vid höga effekter och höga varvtal utan istället är den lämplig för användning upp till ca 1 MW (Bernesson, S., 1992). Den mekaniska verkningsgraden ligger i intervallet 20 - 28 % och totalverkningsgrader upp mot 90 % förekommer.

Kolvångmotorn och ångturbinen bygger på samma kretsprocess men den stora skillnaden är att ångturbinen bygger på kontinuerlig tillförsel av ånga medan kolvångmaskinen jobbar i faser. (Bernesson, S., 1992) Ångmaskinen är dessutom inte lika känslig för fuktig ånga och har en robustare konstruktion.

Anläggningar där det kan vara lämpligt med kolvångmaskiner är i mindre anläggningar där det används ånga i någon process men eftersom det är ångtryck och temperatur som bestämmer verkningsgraden är det svårt att motivera användning av ångmotorer i små anläggningar.

3.3.2 Turbiner

Turbinen är en maskin som omvandlar en strömmande fluid till en roterande rörelse (Alvarez, H., 2006). Denna roterande rörelse kan sen användas för att driva en generator eller liknande. Turbinerna fungerar efter två olika principer nämligen impuls eller reaktion. Principen för impulsturbiner är att dom ändrar flödesriktningen hos fluiden. Genom att ändra riktning kan man ta tillvara på rörelseenergin i fluiden, däremot kommer fluidens tryck att vara konstant genom hela processen. För reaktionsturbiner är det istället tvärtom nämligen att det är tryckförändringen för fluiden som driver turbinen. Därmed blir impulsturbinen en tillämpning av newtons andra lag medan reaktionsturbinen blir en tillämpning av Newtons tredje. Det som eftersträvas vid nykonstruktion av turbiner är en kombination av dessa principer.

3.3.2.1 Ångturbin (Rankine cykel)

Ångturbinen är precis som namnet antyder en turbin som drivs av förångat vatten. Ångturbinen har funnits sedan slutet av 1800-talet och har stegvis ersatt ångmotorn. Vid framställning av el globalt sett kommer ca 80 % av all el från ångturbiner.

Den enklaste ångprocessen består av fyra delprocesser som genomförs kontinuerligt. (Ekroth, I., Granryd, E., 2006) Delprocesserna sker med hjälp av matarvattenpump, ånggenerator, turbin och kondensator. För att höja verkningsgraden på turbinen är det normalt att förvärma matarvattnet med ångan. För användning av ångturbiner finns det två olika typer av ånganläggningar, nämligen mottrycksanläggningar och kondensanläggningar. Vilken typ som används beror till stor del på vad anläggningens huvudproduktion består av.

Kondenskraftanläggningar har som primär användning att producera elektrisk kraft genom att låta ångan passera en ångturbin där den får expandera ner till ett så lågt tryck som möjligt (Alvarez, H., 2006). Detta gör att det inte är möjligt att ta tillvara på någon värme eftersom temperaturen när ångan kondenseras blir alltför låg. För att kunna ta ut värme från denna anläggningstyp kan man därför använda sig av sk. varmvattenkondensatorer. I dessa kondensatorer används fjärrvärmeslingan som kylmedium i kondensatorn. Varmvattenkondensatorerna i en vanlig kraftvärmeanläggning höjer kylvattentemperaturen från ca 30 – 60 °C till ca 70 – 120 °C. Beroende på temperatur kommer mottrycket i turbinen att ändras. Därmed styrs elproduktionen av hur kallt det är möjligt att ha returvattnet från fjärrvärmenätet. Den elektriska verkningsgraden befinner sig mellan 20 och 60 % för turbiner mellan 20 och 200 kW, i takt med att turbinerna ökar i storlek kommer verkningsgraden uppemot 87 %.

Skillnaden mellan kondenskraftanläggningar och mottrycksanläggningar är att när tryckfallet över turbinen inte bestäms av temperaturen på kondensatorerna utan istället avbryts expansionen i ett

tidigare stadie där avlopps ångan från turbinen täcker upp behovet av värmeeffekt. I denna typen av anläggning är det elen som är en biprodukt av värmen tillskillnad från kondenskraften där det är värmen som är biprodukt av elkraften. Den vanligaste typen av anläggningar av mottryckstypen finns på processindustrier som har behov av stora mängder ånga. Mottrycksanläggningar har en typisk totalverkningsgrad på 80 – 90 %. Den mekaniska verkningsgraden för mottryckskraften är omöjlig att framställa eftersom den mekaniska rörelsen är en biprodukt och därmed anpassas varje anläggning individuellt.

Ångturbiner bör arbeta med ett varvtal mellan 2 000 och 5 000 varv per minut. (Alvarez, H., 2006) Men eftersom turbinerna används vid elgenerering och det Europiska elnätet arbetar vid 50 Hz blir det maximala varvtalet 3 000 varv per minut för att växellåda eller lik/växelriktare inte ska behöva vara nödvändig för att reglera frekvensen.

Ångturbinen har sitt stora användningsområde vid höga effekter och den absoluta lejonparten av ångturbinerna som används finns i storlekarna över 1 MW där livstid och krav på att vara kompakta är större. Dessutom minskar förlusternas jämfört med nyttig energi efterhand som turbinstorleken ökar. Ett annat sätt att minska förlusterna i turbinerna är att höja ångtrycket. Ett högre ångtryck kommer att öka kraven på anläggningen, ökade krav leder till en dyrare anläggning. Dessa två skäl gör att det inte är intressant med ångturbiner i småskaliga anläggningar, såvida det inte finns en avsättning av ånga.

3.3.2.2 Organisk Rankine Cykle (ORC)

ORC-anläggningar bygger precis som namnet antyder på anläggningar som drivs enligt Rankinecyklen eller ångcyklen. Genom att välja arbetsmedium går det att styra vid vilken temperatur processen ska ske. Mycket låga temperaturer och temperaturskillnader kan tas tillvara på genom denna metod.

De småskaliga anläggningarna som finns idag värms genom användning av hetolja och ligger på den varma sidan på mellan 250 och 300 °C. (Eriksson, Å., 2009) Fluiden förångas av hetoljan i en värmeväxlare och leds genom en turbin som driver en generator. Efter turbinen är fluiden fortfarande i gasfas. Genom att behålla den som gas går det att undvika korrosion och erosion på turbinen. Fluiden leds efter turbinen till en rekuperator eller regenerator för att ta tillvara på värmen. Det siste steget innan fluiden matas tillbaka till förångning är kondensering. Om ORC anläggningen används i en kraftvärmeanläggning kommer kondensatorn att värma upp framledningen på fjärrvärmenätet. I Sverige efterfrågas därför en temperatur på 80-120 °C. De organiska ämnen som används har alla en högre densitet än vatten och därmed kan turbinerna byggas mindre, samtidigt som ytorna på värmeväxlarna måste vara större pga den sämre värmeledningsförmågan. Genom att använda andra ämnen än vatten för att få torr ånga kan trycket hållas på lägre nivåer. Genom att

minska trycket men ändå producera ånga kan alla delarna bli lättare, detta hjälper till att hålla kostnaderna lägre.

Det finns även ORC-anläggningar som är avsedda för att drivas av betydligt lägre temperaturer. (Giese, G. 2010) Den stora nackdelen med dessa är att det inte går att använda den kalla sidan till att värma upp ett fjärrvärmenät utan istället måste den kalla sidan hålla en temperatur på mindre än 30 °C.

3.3.2.3 Gasturbiner

I ångturbinen växlas arbetsmedlet mellan vätske- och ångfas vilket driver turbinen. Det som skiljer gasturbinen från ångturbinen är att i gasturbinen befinner sig arbetsmediet i gasfas hela tiden. Eftersom det inte sker någon fasövergång i gasturbinen så blir konstruktionen lättare och mindre komplicerad. Gasturbinen har tre huvuddelar, kompressorn, brännkammaren samt själva turbinen. För att öka verkningsgraden på anläggningen kan den kombineras med en rekuperator och/eller en ångkrets. Rekuperatorn förvärmer arbetsmediet som strömmar in i turbinen medan ångkretsen tar tillvara på värmen i avgaserna till att generera ånga och driva en konventionell ångturbin. (Alvarez, H., 2006) Det är bara i stora anläggningar som det lönar sig med en ångkrets efter turbinen, för mindre anläggningar kan det istället vara intressant med hetvattenkretsar.

Gasturbinen fungerar genom att kompressorn höjer trycket på arbetsmediet som trycks in i brännkammaren där det blandas med bränslet och antänds för att sedan expandera i gasturbinen. (Olsson, J., Persson, C., 2002) Detta sker i en kontinuerlig process som pga de höga temperaturerna ställer stora krav på materialen. För att driva allt så ligger alla delarna på samma axel så att turbinen direktdriver både kompressorn och vid elproduktion även generatorn. Drivaxeln roterar med hastigheter på ca 80 000 varv per minut. Eftersom generatorn snurrar betydligt fortare än 3 000 varv per minut kommer generatorn inte att kunna leverera el direkt till elnätet utan elen måste likriktas och sen växelriktas för att få rätt frekvens. Verkningsgraden stiger med ökande storlek på turbinen och ligger på 20 – 30 %.

Gasturbiner har lägre verkningsgrad än kolmotorer men genom deras konstruktion konkurrerar de ändå med kolmotorerna pga längre livslängd och billigare service. Precis som ångturbinen ökar verkningsgraden med storleken på turbiner och vid en effekt om 1 MW har gasturbinen helt ersatt kolmotorerna. I mindre anläggningar är de låga underhållskostnaderna som hägrar. Som bränsle i gasturbiner går det mesta att använda, men det är fördelaktigt om det är gasformigt från början.

3.3.2.4 Externeldade gasturbiner

För att få en större valfrihet gällande bränsle har det gjorts försök med pulvereldade gasturbiner

men har gått över till helt externeldade turbiner där bränslet aldrig passerar turbinen. (Kautz, M. 2007) Genom att förbränningen sker utanför turbinen och sen värmeväxlas mot arbetsmediet genom högtemperaturvärmeväxlare minskas kraven på bränslet och valfriheten ökar samtidigt som det enligt teoretiska studier finns möjlighet att nå högre verkningsgrad jämfört med den vanliga gasturbinen.

2007 genomfördes försök med externeldade gasturbiner vid Universitetet i Pisa tillsammans med bl.a. Turbec där en T100 mikroturbin byggdes om till en externeldad turbin med en elektrisk uteffekt om 70 kW (istället för 100 tidigare) samt en termisk uteffekt om 270 kW. (Comodi, G., et al , 2010) Den eldas med flis och har en temperatur i hetvärmeväxlarna på ca 850 °C och i turbinen sjunker temperaturen till ca 650 °C. Sedan dess har ett antal anläggningar byggts och används som testmaskiner. Anledningen till den lägre effekten i testmaskinen beror på att turbinen vid naturgasdrift har en förbränningstemperatur på ca 950°C. (Barsali, S., et al.. 2010) Underhållskostnaderna för en externeldad gasturbin hamnar något över underhållskostnaderna på en interneldad eftersom det är fler system runt omkring som kräver underhåll.

3.4 Generatorer

Generatorernas uppgift är att konvertera en mekanisk kraft till en elektrisk. För att lösa denna uppgiften finns det två olika typer av generatorer nämligen synkrona och asynkrona. De två typerna har olika förutsättningar och egenskaper.

Asynkrongeneratorn eller induktionsgeneratorn är i grund och botten en helt vanlig trefas elmotor. För tillfället är asynkrongeneratorn den generatortyp som är vanligast vid små installationer såsom små vattenkraftverk eller vindkraftverk. Anledningen till att de har blivit så pass vanliga är att de har en enkel och robust konstruktion, lägre pris än synkrongeneratorerna samt de är betydligt lättare att fasa in mot elnätet och kräver mindre kraftelektronik för att sköta det. Däremot so klarar synkrongeneratorn att leverera ström redan vid lägre varvtal och över ett bredare spektrum.

Nackdelarna med asynkrongeneratorer är att dom måste vara anslutna till ett starkt elektriskt nät för att få magnetisering till rotorn, utan magnetiseringen kan inte generatorn leverera någon effekt. Genom att ansluta asynkrongeneratorn till ett elnät förbrukas reaktiv effekt när rotorn magnetiseras. Förutom den reaktiva effekten som förbrukas krävs det att nätet kan leverera en konstant frekvens som styr rotationshastigheten hos rotorn. Eftersom asynkrongeneratorn kräver denna externa reaktiva effekt och frekvens går det inte att använda generatorn för att få reservkraft, såvida det inte på samma anläggning finns en synkrongenerator som kan starta upp nätet och kontrollera den reaktiva effekten. Vid uppstart av asynkrongeneratorn kan man välja att antingen starta upp generatorn som en elmotor och då snabbare komma igång med produktionen, eller att man låta den mekaniska kraften accelerera upp generatorn till rätt varvtal och sen ansluta den till nätet.

Det magnetiska fältet i generatoren roterar med exakt samma frekvens som nätet (50 Hz) och genom att tvinga rotorn att rotera snabbare (så att rotorn får en hastighet relativt magnetfältet) kommer en ström att inducera ett magnetfält och en spänning kommer att uppstå mellan generators poler. När asynkronmaskinen används som en generator kommer dess relativa hastighet jämfört med magnetfältets att vara max 3 % men vanligen 2 %.

3.5 Värmesystem

Valet av värmesystem hänger samman med hur stora värmeeffekter som ska överföras från anläggningen och hur kylslangen är konstruerad. (Frederiksen, S. Werner, S., 2009) I Sverige är de flesta distributionsnäten för fjärrvärme konstruerade för en temperatur av 120 grader medan värmestammar i byggnader vanligen ligger runt ca 80 – 90 °C. Eftersom det finns skillnader i termodynamiken mellan de olika systemen har det blivit naturligt att dela in dem i fyra olika anläggningstyper.

3.5.1 Hetoljeanläggningar

Hetoljeanläggningar förekommer väldigt sparsamt i Sverige men är vanligare på kontinenten. I södra Tyskland och Österrike är det inte ovanligt med ORC anläggningar där värmen på den heta sidan kommer från hetolja. Pannor avsedda för hetolja som värmebärare finns i storlekar från ca 300 kW men det borde inte vara några problem att använda sig av en varmvattenpanna med vissa modifieringar. (Sandgren, S. 2010) Det viktigaste är att trycket inte stiger över 1,5 bar som varmvattenpannor normalt är konstruerade för. Det kan även krävas anpassningar för att säkerställa en hög hastighet på hetoljan genom pannan för att undvika lokal överhettning. Det kan även behövas en extra cirkulationspump för att minska risken för ett haveri.

I hetoljeanläggningar används vanligen Marlotherm SH som hetolja. Marlotherm SH har en kokpunkt vid 1 bar på ca 390 °C. Vid användning som just hetolja är livslängden ca 10 år, men om den blir utsatt för överhettning förkortas denna tiden. Det är därför viktigt att oljan håller en hög hastighet genom pannan så att det inte finns risk för lokal överhettning. Ett alternativ till Marlotherm SH finns, Paratherm NF. (Eriksson, Å, 2009) Nackdelen med att använda Paratherm NF är att den börjar koka redan vid 260 °C vid 1 bar. (Paratherm, 2011)

Hetoljeanläggningar begränsas i fysisk storlek eftersom det skulle vara för dyrt att bygga upp ett helt kulvertsystem med hetolja som värmebärare. Dessutom finns det stora miljömässiga risker om ett större system med hetolja byggs upp för att försörja flera byggnader med värme. Detta är anledningen till varför man värmeväxlar hetoljan mot vatten innan värmen levereras till distributionsnätet.

3.5.2 Ånganläggningar

Ånganläggningar är i allmänhet inget alternativ när det gäller överföring av värme till värmeanvändare, om det inte rör sig om väldigt höga värmeeffekter. Istället används en ångpanna för att skapa ånga för drivning av en turbin eller en ångmotor för att sedan låta ångan kondensera och kyla mot en het- eller varmvattenkrets.

Beroende på hur ångan ska användas innan den växlas till vatten kan det förekomma överhettare som ser till att ångans temperatur ökar och därmed även entalpiinnehållet. (Alvarez, H., 2006) Den överhettade ångan kommer även att vara torr när den lämnar överhettaren. Om fuktig ånga kommer in i turbiner så kommer slitaget på turbinen att öka kraftigt. Ånganläggningar förekommer främst vid stora anläggningar där det är lönsamt med ångturbiner för att generera el och då med en effekt på turbinen på över 1 MW.

3.5.3 Hetvattenanläggningar

Hetvattenanläggningar är anläggningar som är avsedda för en temperatur på över 120 °C. Detta förutsätter att vattnet som används som värmebärare har är trycksatt så det är möjligt att behålla det flytande. Av tradition dimensioneras de Svenska fjärrvärmenäten för en temperatur på framledningssidan på just 120 °C, för att kunna hålla denna temperatur krävs att pannorna kan leverera ett par grader varmare vatten. (Frederiksen, S. Werner, S., 2009) Det finns hetvattenpannor som har en påsatt ångdom för att producera ånga. Dessa anläggningar räknas ändå som hetvattenpannor eftersom ånguttaget blir försumbart och i regel enbart fungerar som tryckhållare samt används för ångsotning av tuberna.

Pga detta högre trycket är det enbart möjligt att använda sig av slutna system. Trycket och temperaturen gör att plaströr inte är lämpliga. Istället är det vanligen stålrör som används med varierande isolering. I Sverige och Västeuropa är det i allmänhet PUR-isolering som tål temperaturer upp till 130 °C.

På gårdsnivå förekommer det inte i stor utsträckning men är ett intressant alternativ om stora effekter plockas ut på värmenätet. Det är möjligt att kombinera hetvattenanläggningar med varmvattensystem vilket gör det möjligt att leverera hetvatten till en del förbrukningspunkter och varmvatten till en del.

3.5.4 Varmvattenanläggningar

Varmvatten anläggningar är de anläggningarna som arbetar med lägst temperatur, här ska värmebäraren hålla en temperatur på högst 120 grader. Varmvattenanläggningar kan vara både slutna och öppna system. Vid dimensionering av värmeledningar för öppna system måste hänsyn tas till värmebärarens kokpunkt, för vatten som är vanligast, 100 °C.

I öppna system används oftast en framledningstemperatur om 95 °C, fördelen med detta är att det går att bygga när med plaströr istället för stål. Plaströren sänker anläggningskostnaden betydligt jämfört med stål och koppar (Frederiksen, S. Werner, S., 2009). Plaströret har dessutom fördelen mot stålrören att det är betydligt mindre känsligt för ojämnheter i marken. Nackdelen med detta är att temperaturen är lägre så det kommer att krävas ett högre vattenflöde för att överföra samma effekt. Det högre flödet innebär även att rörens diameter behöver ökas. Vid små system är det billigare med grövre plaströr och lägre temperatur än stålrör som tillåter högre temperaturer..

Inom farmarenergianläggningar är det oftast bara lönsamt med slutna system om de stora effektuttagen finns vid en spannmålstork eller liknande och det är möjligt att dra rör dit ovan jord eller i befintliga schakt. (Hadders, 2001) Vid användning av slutna system är det dessutom viktigt av val av panna eftersom många pannor är dimensionerade för max 1,5 bar vilket ger en kokpunkt för vatten under 115 °C.

3.6 Värmedistribution

En viktig detalj för att göra kraftvärmeverk lönsamma handlar om att få avsättning för all värme som produceras, för att göra detta krävs det att flera faktorer tas i beaktande.

3.6.1 Värmeavsättning

3.6.1.1 Tappvarmvatten

Tappvarmvatten är den värme som åtgår för att värma det förbrukade tappvattnet. För att praktiskt dimensionera för tappvarmvattenbehovet brukar kvoten mellan energibehovet för uppvärmning av tappvarmvattnet och det totala energibehovet användas. (Olsson, D., 2003) För flerfamiljshus brukar denna kvot hamna på 20 - 25 % medan den för enfamiljshus ligger något högre. Förbrukningen av tappvarmvatten kan antas vara jämn över året och vara en baslast som krävs året runt. (Frederiksen, S. Werner, S., 2009).

3.6.1.2 Kylning av värmenät

Det som begränsar elproduktionen under låglasttider på anläggningarna är avsättningen av värmeenergi, detta leder till att det är möjligt att öka elproduktionen genom att kyla bort värmeenergi. För att göra detta i mindre skala används allt från anläggande av pool till att kyla mot luften med hjälp av aerotemperar. I större skala förekommer det att värmen använd för att värma upp värmelager för senare förbrukning.

3.7 Eldistribution

3.7.1 Elnäten och krav på anslutningar

I Sverige är elnätet uppdelat i tre olika nivåer som avgränsas av hur hög spänningen i just det nätet är.

3.7.1.1 Stamnät

I Sverige är det stamnätet som står för de stora elöverföringarna. Stamnätet ägs av staten och drivs av Svenska Kraftnät. I stamnätet ligger spänningen på 220 eller 400 kV och de stora kraftproducenterna som Harsprånget och kärnkraftverken är anslutna till detta nätet.

Till detta nät är det inte aktuellt att ansluta någon småskalig produktion.

3.7.1.2 Regionnät

Regionnätet är det näst översta elnätet och står för överföringen mellan stamnätet och lokal- eller distributionsnätet. Spänningen i detta nätet ligger vanligen mellan 30 och 130 kV. Dock definieras regionnätet av ett elnät med en spänning som understiger 220 kV samt nätet omfattas av en nätkoncession.

Det är bara stora elförbrukare och producenter som är anslutna till regionnätet. (Eon, 2010) För dessa storförbrukare av elkraft är det inte aktuellt med leverans av el ut till nätet eftersom deras egen el konsumtion är så stor och den maximala effekten på generatorn för att det ska klassas som småskaligt är 1500 kW kommer deras egen förbrukning att överstiga deras egen produktion.

Om det istället för en konsument skulle handla om en producent så är det inte aktuellt att ansluta en så liten producent till regionalnätet. Vid inkoppling till regionalnätet för inmatning av el krävs det ett inmatningsabonnemang vilket kostar från 25 000 kr per år i grundavgift.

3.7.1.3 Lokalnät

Lokalnät är det nät som distribuerar el till konsumenterna. Elen som levereras ut till konsumenterna kommer antingen från små lokala producenter eller från matningar från regionnätet. Lokalnätet har en spänning under 40 kV och elen som förbrukas hos konsument levereras vanligen vid 400 V. Lokalnätet är ett monopol som kontrolleras av nätägaren. För att ansluta en egen produktion krävs det att nätägaren ger sitt tillstånd. För att förhindra att nätägaren utnyttjar denna ställning är dom skyldiga att ansluta alla nya produktionsanläggningar. För att bekosta förändringarna i nätet får nätägaren ta betalt av den som vill ansluta produktion, däremot får de inte ta mer betalt än vad det kostar för dem.

Beroende på hur hög generatoreffekten är har olika nätägare olika regelverk varför det är svårt att ge en generell bild av hur verkligheten ser ut. Nätägaren skall dock kompensera producenten för den el som levereras till nätet samt den nätnyttan (se vidare kap 3.8.4) som producenten tillför enligt Ellag (1997:857).

3.8 Ekonomi

Ekonomi för kraftvärmeanläggningar påverkas av många faktorer, då anläggningarna som rapporten inriktar sig på eldas med oförädlade bibränslen är den stora kostnaden investeringen. Kostnaden för investeringen kan anses vara räntan samt avbetalningen. För beräkningar av denna har annuitetsmetoden använts.

De fasta kostnaderna är investeringskostnaden, räntan, nätagiften med ev. abonnemangsavgift samt kostnaderna för hantering av elcertifikaten. Rörliga kostnader är underhållet, bränslekostnaden samt i vissa fall kostnad för att kyla värmenätet för att öka elproduktionen under låglasttider.

Inkomsterna består av försäljning av värme, el samt elcertifikat. Förutom dessa inkomsterna tillkommer även inkomster från elnätnyttan som utbetalas i vissa fall.

3.8.1 Elpris

Elpriset i Sverige bestäms på den nordiska elbörsen Nordpool. Priset sätts timvis i olika priszoner och baseras på tillgång och efterfrågan under en given timme. Eftersom handeln sker i priszoner med timvis upplösning på en marknad där efterfrågan och tillgången kan variera stort över året kommer även priset att variera. Hur prisbilden kommer att förändras i framtiden går inte att förutsäga men antagligen kommer det att stiga.

3.8.2 Skatter

Skatt på el regleras i lagen om skatt på energi (1994:1776), hädanefter LSE. Enligt 11 kap. 3 § LSE är skatten på elektrisk kraft:

- 0,5 öre / kWh som förbrukas i industriell verksamhet, yrkesmässig växthusodling, lantbruk, skogsbruk eller fiskeodling.
- 18,5 öre / kWh för förbrukad el i vissa nordliga kommuner
- 28 öre / kWh för övriga förbrukare.

Enligt LSE 11 kap. 2 § är dock inte all elproduktion skattepliktig. (Bjurström Legnerot, U., 2011) El som produceras i anläggningar där producenterna förfogar över en installerad generatoreffekt under 100 kW och inte säljer el yrkesmässigt samt om elen genereras i reservkraftsanläggningar då det är avbrott i den ordinarie elförsörjningen. Skatteverkets tolkning på detta är att om producenten har en installerad generatoreffekt om mer än 100 kW och/eller levererar strömmen till elnätet samtidigt som producenten får betalt av någon för att producenten har levererat kraft till nätet, då är det yrkesmässigt och skatt ska betalas på all el som framställs av producenten och som inte används för den egna elproduktionen.

3.8.3 Elcertifikatsystemet

Elcertifikaten bygger på Lagen om elcertifikat som stiftades år 2003 med målet att öka energiproduktionen från förnyelsebara energikällor som sol, vind, vatten, geotermik samt förbränning av biobränslen. (Energimyndigheten, 2010) År 2004 ändrades lagen så att även förbränning av torv i kraftvärmeanläggningar blev innefattad.

Tilldelningen av elcertifikat sker efter hur stor energiproduktion den enskilda godkända anläggningen har. (Andersson, S-L., Holmgren, M., 2010) För varje producerad MWh tilldelas ett elcertifikat, utdelningen av certifikat sker bara om hela MWh. Ansvar för hanteringen av elcertifikat ligger på Energimyndigheten tillsammans med Svenska Kraftnät, via det gemensamma systemet Cesar. Inrapporteringen ska ske timvis för att vara godkänd (Energimyndigheten, 2010). Vid små anläggningar kan kostnaden för inrapportering och mätning vara av betydande storlek, typiskt mellan 2 000 och 10 000 kr/år .

En anläggning som togs i drift innan elcertifikaten infördes kan erhålla certifikat som längst till 2012 om inte ombyggnad med statligt stöd skett efter den 15 februari 1998 då det är möjligt att erhålla elcertifikat fram tills 2014. För nya anläggningar delas elcertifikat ut i 15 år, som längst till och med 2030. Anledningen till att anläggningarna inte får stöd längre är att dom efter 15 år måste anses vara så pass avskrivna att dom ska kunna drivas med vinst utan stöd.

Varje elleverantör är skyldig att köpa in en viss andel elcertifikat varje år. (Energimyndigheten, 2010) Andelen som måste köpas in varierar från år till år enligt en fastställd lista för hela perioden. I Cesar systemet redovisar varje elleverantör och kvotpliktig förbrukare hur mycket el de sålt till kunder samt förbrukat, dessutom redovisas här hur många elcertifikat som de köpt. Om något bolag inte har köpt tillräckligt många elcertifikat innan 1 april varje år kommer dom att tvingas att köpa elcertifikat till ett överpris. På det sättet säkerställer Energimyndigheten att alla kommer att köpa in certifikaten i tid. Den 1 april annulleras även de elcertifikaten som företaget har och som svarar mot deras kvot. Elcertifikat utöver kvoten förändras inte i värde utan kan sparas från år till år. Antalet elcertifikat som ackumulerats har minskat sedan 2006 vilket tyder på att priserna på elcertifikaten kommer att stiga med tiden, efterhand som lagren sjunker. Vilket är naturligt då handeln sker på en spotmarknad. Under 2009 låg snittpriset omkring 296 kr/MWh.

Det är möjligt att producera el småskaligt utan att rapportera in produktionen till Energimyndigheten timvis, men då utgår inga elcertifikat vilket leder till ett bortfall i inkomsterna.

3.8.4 Elnänytta

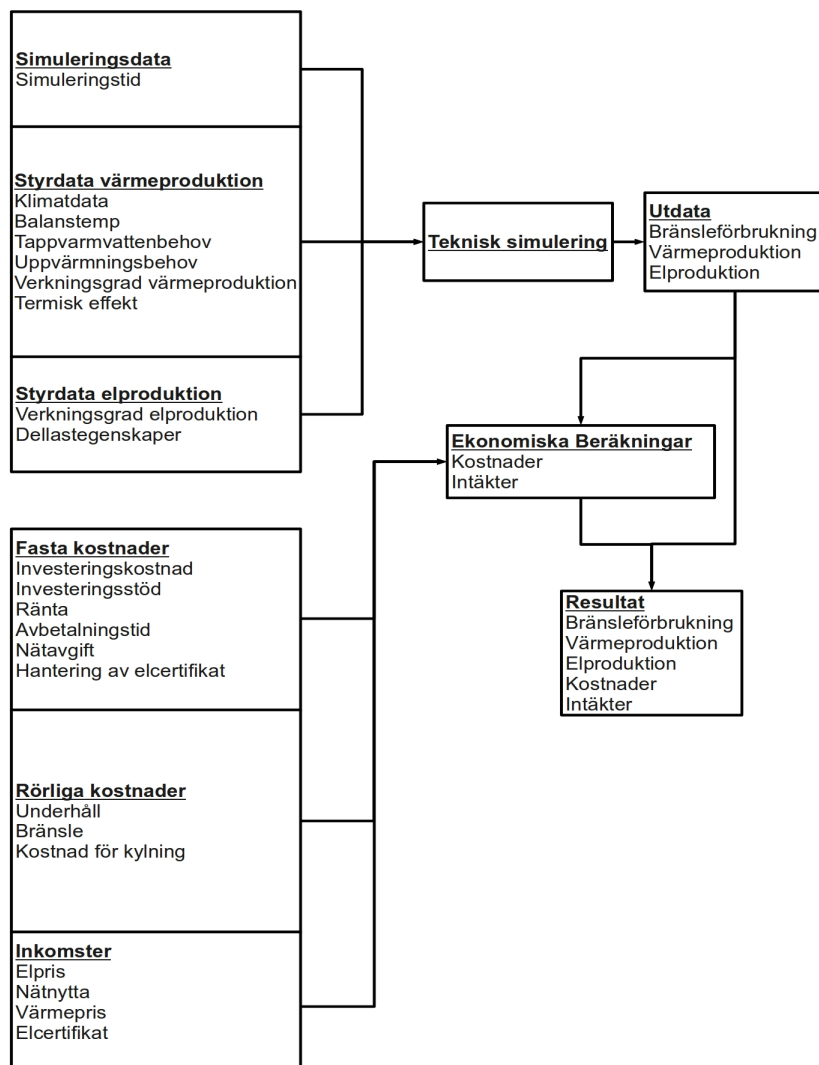
Vid all transport av energi förekommer förluster. I elnätet är dessa främst relaterade till resistansen i ledarna samt till transformatorer vid övergång från olika nät (Hemmingsson, M., Karlsson, D., 2007). Eftersom det kostar att överföra elektricitet måste denna kostnaden täckas upp av någon. Det är det som ligger till grund för nätnyttan. Hur stor nätnyttan är varierar från anslutning till anslutning. En anläggning som är belägen i norra Sverige har i de flesta fall en negativ nätnyttan vilket innebär att producenterna får betala för att tillföra elnätet energi medan i södra Sverige betalas det ut en ersättning till producenterna beroende på var dom är anslutna.

Eftersom nätnyttan är till för att ersätta producenten för den nytta den producerade elen gör i nätet har de stora posterna kartlagts. Den största posten i nätnyttan är vid långa överföringsavstånd förlustminskningsvärdet, dvs. förmågan från den nya generatoren att minska förlusterna i nätet pga att produktionen hamnar närmare förbrukaren och att överföringen från överliggande nät minskar. Det andra stora värdet är nätinvesteringsvärdet som baseras på att nätägarens nyinvesteringar i nätet kommer att minskas eftersom det tillförs mer el lokalt i nätet. Det lokala tillskottet gör att belastningen i nätet sjunker lokalt och lägre effekt behöver överföras.

Hur stor nätnyttan blir för den enskilda anläggningen är väldigt svår att svara på då det varierar beroende på allt från var inkopplingen till vilket nät sker samt hur avtalet med elhandelsbolaget ser ut. (Hemmingsson, M., Karlsson, D., 2007) Då det är väldigt svårt att göra en modell där nätnyttan beräknas är det vanligt att små anläggningar, får en schablonersättning eller ingen ersättning alls för nätnyttan eftersom den blir så liten att det inte är möjligt att fastställa den.

3.9 Modell

Modellen byggdes upp i MatLab för att simulera de olika fallen. Simuleringen arbetar enligt principskissen nedan.



Figur 1: Flödesschema simuleringsmodell

3.9.1 Införda beteckningar

3.9.1.1 Tekniska beteckningar

Simuleringstid: $Simuleringstid$ [år]

Byggår: $Byggår$ [år]

Verkningsgradvärme värme: $\eta_{värme}$ [1]

Verkningsgradel: η_{el} [1]

Totalverkningsgrad: $\eta_{total} = \eta_{värme} + \eta_{el}$ [1]

Antal dygnsgrader under balanstemperatur: M [$^{\circ}C * dygn$]

Energibehov per dygnsgrad under M : $Q_{daggrad}$ [$\frac{24 * kWh}{^{\circ}C * dygn}$]

Bränslebehov: $Q_{bränsle}$ [$\frac{kWh}{h}$]

Bortkyld värme: $Q_{bortkyld}$ [$\frac{kWh}{h}$]

Tappvarmvatten: $Q_{tappvarmvatten}$ [$\frac{kWh}{h}$]

Värmebehov: $Q_{värmebehov}$ [$\frac{kWh}{h}$]

Värmeproduktion: Q_{tot} [$\frac{kWh}{h}$]

Elproduktion: Q_{el} [$\frac{kWh}{h}$]

Andel tappvarmvatten av värmebehovet: $A_{Tappvatten}$ [1]

År sedan start av anläggningen: n [år]

Termisk maxeffekt: $\dot{Q}_{termisk, max}$ [kW]

Maximal värmeproduktion genom värmebehov: q [1]

Dellastegenskaper: $\eta_{el, dellast} = (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j) \forall 0,00 \leq q \leq 1,00$ [1]

Verkningsgrad el vid dellast: $\eta_{el, verklig}$ [1]

3.9.1.2 Ekonomiska beteckningar

Investeringskostnad : Investeringskostnad $[kr]$

Investeringsstöd : Investeringsstöd $[kr]$

Kalkylränta : kalkylränta $[1]$

Avbetalningstid : avbetalningstid $[år]$

Nätavgift till nätbolaget samt abonnemangsavgift : nätavgift $[\frac{kr}{år}]$

Kostnad för hantering av elcertifikat : Hantering av elcert $[\frac{kr}{år}]$

Antal år för vilket elcertifikat utbetalas : n_{elcert} $[år]$

Underhållskostnad : underhåll_{bränsle} $[\frac{kr}{kWh_{bränsle}}]$

Underhållskostnad : underhåll_{el} $[\frac{kr}{kWh_{el}}]$

Försäljningspris el : Elpris $[\frac{kr}{kWh_{el}}]$

Ersättning för elnätnytta : Nätnytta $[\frac{kr}{kWh_{el}}]$

Försäljningspris värme : Värmepris $[\frac{kr}{kWh_{värme}}]$

Försäljningspris elcertifikat : Elcertifikat $[\frac{kr}{kWh_{el}}]$

Fasta kostnader fördelade på bränsle : $E_{bränsle}$ $[\frac{kr}{kWh_{bränsle}}]$

Totalkostnad : K_{tot} $[\frac{kr}{kWh_{bränsle}}]$

Totalintäkt värme : $I_{tot, värme}$ $[\frac{kr}{kWh_{bränsle}}]$

Totalintäkt el : $I_{tot, el}$ $[\frac{kr}{kWh_{el}}]$

Intäkter : $I_{tot} = I_{tot, värme} + I_{tot, el}$ $[\frac{kr}{kWh}]$

3.9.2 Beräkningsmodell

3.9.2.1 Tekniska Beräkningar

Vid simulering läses genomsnittliga dygnsmedeltemperaturer in för att skapa ett underlag för värmebehovet, som är direkt proportionellt mot dygnsmedeltemperaturen under balanstemperaturen plus tappvarmvattenbehovet (Frederiksen, S., Werner, S., 2009). Modellen använder sig av ett tidssteg om en timme.

Energiåtgången för tappvarmvatten beräknas genom 3-1 där det antas att energiåtgången för tappvarmvatten är en faktor av den årligen åtgående energimängden för uppvärmning. Tappvarmvattenbehovet står på årsbasis för 20 – 25 % av uppvärmningsbehovet och antas i modellen vara konstant i förhållande till värmebehovet.

Värmebehovet beräknas genom att antalet daggrader multipliceras med energiåtgången per daggrad enligt 3-2. I 3-3 beräknas bränslebehovet från det totala värmebehovet dividerat med pannans värmeverkningsgrad. Summerat över hela året i 3-4 ges årsförbrukningen av bränsle.

Kvoten 3-5 beräknas varje timme för att bestämma dellastegenskaperna för värmemotorn. Genom att kvoten mellan maximal termisk effekt och aktuell värmeeffekt kommer att variera bestäms vilket intervall dellastegenskaperna befinner sig inom. När detta är beräknat kan elverkningsgraden beräknas i 3-6. När den aktuella verkningsgraden är känd kan elproduktionen bestämmas enligt 3-7, i 3-8 summeras sedan årsproduktionen av el.

$$(3-1) Q_{\text{tappvarmvatten}} = \frac{\sum_{n*8760-8760}^{n*8760} (Q_{\text{värmebehov}}) * A_{\text{Tappvatten}}}{8760}$$

$$(3-2) Q_{\text{värmebehov}} = M * Q_{\text{daggrad}}$$

$$(3-3) Q_{\text{bränsle}} = \frac{Q_{\text{värmebehov}} + Q_{\text{bortkyld}} + Q_{\text{tappvarmvatten}}}{\eta_{\text{värme}}}$$

$$(3-4) Q_{\text{bränsle, år}} = \sum_{n*8760-8760}^{n*8760} Q_{\text{bränsle}}$$

$$(3-5) q = \frac{Q_{\text{bränsle}}}{Q_{\text{termisk, max}}}$$

$$(3-6) \eta_{\text{el, verklig}} = \eta_{\text{el}} * \eta_{\text{el, dellast}} \quad \forall 0,00 \leq q \leq 1,00$$

$$(3-7) Q_{\text{el}} = \eta_{\text{el, verklig}} * Q_{\text{bränsle}}$$

$$(3-8) Q_{\text{el, år}} = \sum_{n*8760-8760}^{n*8760} Q_{\text{el}}$$

3.9.2.2 Ekonomiska beräkningar

Kostnader samt intäkter delas upp i fasta och rörliga samt allokeras årsvis på bränslet. Avbetalningarna på investeringen beräknas enligt annuitetsmetoden enligt 3-10. Genom att fördela kostnaderna på bränslet enligt 3-11, 3-12, 3-13, 3-14 går det att beräkna kostnaden för varje enskild kWh bränsle vilket sedan går att spåra till kostnaden för enskilda kWh el och värme vid specifika tidpunkter. I 3-15 summeras alla kostnader för den timmen som beräknas.

$$(3-9) \text{ investering}_{reell} = \text{investeringskostnad} - \text{investeringsstöd}$$

$$(3-10) \text{ Årlig avbetalning} = \frac{\text{investering}_{reell} * \text{kalkylränta} * (1 + \text{kalkylränta})^{\text{avbetalningstid}}}{(1 + \text{kalkylränta})^{\text{avbetalningstid}} - 1}$$

$$(3-11) E_k(n) = \frac{\text{årlig avbetalning} + \text{nätavgift} + \text{hantering av elcert}}{Q_{\text{bränsle}, \text{år}}} \quad \forall 0 \leq n \leq \text{avbetalningstid}, 0 < n \leq n_{\text{elcert}}$$

$$(3-12) E_k(n) = \frac{\text{årlig avbetalning} + \text{nätavgift}}{Q_{\text{bränsle}, \text{år}}} \quad \forall 0 < n > \text{avbetalningstid}, n_{\text{elcert}} < n$$

$$(3-13) E_k(n) = \frac{\text{nätavgift} + \text{hantering av elcert}}{Q_{\text{bränsle}, \text{år}}} \quad \forall \text{avbetalningstid} < n, 0 < n \leq n_{\text{elcert}}$$

$$(3-14) E_k(n) = \frac{\text{nätavgift}}{Q_{\text{bränsle}, \text{år}}} \quad \forall \text{avbetalningstid} < n, n_{\text{elcert}} < n$$

$$(3-15) K_{\text{tot}} = E_k + \text{underhåll}_{\text{bränsle}} + \text{underhåll}_{\text{el}}$$

De totala intäkterna sammanställs i 3-16, 3-17 samt 3-18.

$$(3-16) I_{\text{tot}, \text{värme}} = Q_{\text{värme}} * \text{Värmepris}$$

$$(3-17) I_{\text{tot}, \text{el}} = Q_{\text{el}} * (\text{Elpris} + \text{Nätnytta} + \text{Elcertifikat})$$

$$(3-18) I_{\text{tot}} = I_{\text{tot}, \text{värme}} + I_{\text{tot}, \text{el}}$$

Dagsvis, månadsvis samt årsvis summering ger utdata vilket ger resultatet enligt kap 4. Modellen i helhet enligt bilaga 1

4 Fallspecifika förutsättningar

4.1 Fallstudie 1

Fallstudie 1 genomfördes hos Magnus Eriksson, som driver Bal och Bobcat. Eriksson har på gården i den skånska byn Löderup en stokermatad lin-ka panna på 70 kW. I pannan eldas uteslutande halm. Varje år förbrukas ca 100 balar av hesstontyp, lite beroende på hur kallt det är samt kvaliteten på halmskörden. Pannan byggdes 1996 och har varit i drift sedan dess. De första åren var det ofta det hände att pannan slocknade, men det blir allt mer sällan efterhand som kunskapen om hur pannan ska skötas har växt.

Erikssons panna förser bostadshus, verkstad, kontor och personalutrymme med värme och varmvatten, dock är pannan överdimensionerad. Maxeffekten på pannan används sällan då gårdens maximala värmeförbrukning aldrig överstiger ca två tredjedelar av pannans maxeffekt. Halmeldningen ersätter årligen 15 m³ brännolja (Eriksson, M, 2010) vilket motsvarar ca 150 000 kWh (Preem, 2010). Med ett effektivt värmevärde på 3 kWh/kg skulle detta ge en förbrukning av ca

50 ton halm / år vilket stämmer överens med Erikssons uppskattning av ca 100 balar /år.

På gården förbrukas det ca 20 000 kWh el / år. Merparten av denna ström förbrukas i verkstaden under vintermånaderna (december tom mitten av mars) under arbetstid (7 – 16). Detta innebär att dygnsförbrukningarna av el och värme ligger samtidigt.

Gården är ansluten till ett lokalnät som ägs av Ystads energi (Eriksson, M, 2010). Ystads energi har inget emot inkoppling av egen elproduktion i denna storleksklass på elnätet (Östrand, U., 2010). Däremot är de inte intresserade av att köpa elen eftersom det rör sig om så små mängder att administrationen hade blivit dyrare än inkomsterna vid försäljning av el, inga andra elhandlare har hittats som är intresserade av så små effekter. Den marginella effekten har som följd att det inte kommer vara möjligt att få ersättning för elnätnytan.

Förutom pannan på gården har Bal och Bobcat två större halmpannor varav en levererar värme till Trelleborg energis fjärrvärmenät i Trelleborg. Den andra halmpannan på 2 MW togs i drift under 2010 och förser stora delar av Löderup med fjärrvärme genom det egna och nyanlagda fjärrvärmenätet.

Tabell 2: Antaganden fallstudie 1

| Teknik | Livslängd [år] | Investeringskostnad [kr] | Elpris [kr/kWh] | Värmepris [kr/kWh] | Bränslepris [kr/kWh] | Bilaga nr. |
|------------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|------------|
| Värmepanna | 20 | 200 000 | - | 0 | 0,15 | 2 |
| Värmepanna | 35 | 200 000 | - | 0 | 0,15 | 3 |
| Stirling ³ | 15 | 300 000 | 1,0 | 0 | 0,2 | 4 |
| Stirling ⁴ | 15 | 400 000 | 1,0 | 0 | 0,2 | 5 |
| Stirling ⁵ | 15 | 300 000 | 0,3 | 0 | 0,2 | 6 |
| Stirling ⁶ | 15 | 400 000 | 0,3 | 0 | 0,2 | 7 |
| Stirling ⁷ | 15 | 300 000 | 0,3 (Såld), 1 (Köpt) | 0 | 0,15 | 8 |
| Stirling ⁸ | 15 | 400 000 | 0,3 (Såld), 1 (Köpt) | 0 | 0,30 | 9 |
| Stirling ⁹ | 15 | 300 000 | 1,0 | 0 | 0,15 | 10 |
| Stirling ¹⁰ | 15 | 400 000 | 1,0 | 0 | 0,30 | 11 |
| Stirling ¹¹ | 15 | 500 000 | 1,0 | 0 | 0,15 | 12 |
| Stirling ¹² | 15 | 700 000 | 1,0 | 0 | 0,15 | 13 |
| Stirling ¹³ | 15 | 300 000 | 0,6 | 0 | 0,15 | 14 |
| Stirling ¹⁴ | 15 | 300 000 | 0,6 | 0 | 0,15 | 15 |
| Stirling ¹⁵ | 15 | 300 000 | 0,6 | 0 | 0,30 | 16 |
| Stirling ¹⁶ | 15 | 300 000 | 0,6 | 0 | 0,30 | 17 |

³ All producerad el används på egna sidan elmätaren

⁴ All producerad el används på egna sidan elmätaren

⁵ All producerad el säljs till spotpris

⁶ All producerad el säljs till spotpris. Anläggningen kyls för att alltid producera max el.

⁷ 15 000 kWh/år säljs resten förbrukas på egna sidan mätaren, resten säljs till spotpris

⁸ 15 000 kWh/år säljs resten förbrukas på egna sidan mätaren, resten säljs till spotpris

⁹ All producerad el används på egna sidan elmätaren, fördubblat bränslepris

¹⁰ All producerad el används på egna sidan elmätaren, fördubblat bränslepris

¹¹ All producerad el används på egna sidan elmätaren, Anläggningen belägen i Karesuando, termisk effekt ökad till 140 kW

¹² All producerad el används på egna sidan elmätaren, Anläggningen belägen i Karesuando, termisk effekt ökad till 140 kW

¹³ All producerad el säljs till spotpris

¹⁴ All producerad el säljs till spotpris. Anläggningen kyls för att alltid producera max el

¹⁵ All producerad el säljs till spotpris

¹⁶ All producerad el säljs till spotpris. Anläggningen kyls för att alltid producera max el

4.2 Fallstudie 2

Fallstudie 2 genomförs på en teoretisk torrrotningsanläggning belägen vid Sveriges sydkust där det finns tillgång till flera olika substrat. Möjliga substrat som finns tillgängliga är alger från Östersjön, halm från Söderslätt samt gödsel från grisproduktion. Dock kan det över tiden bli svårt att garantera

tillförseln av grisgödsel med tillräckligt högt TS då grisgödsel i allt större utsträckning hanteras som flytgödsel. En anläggning som den som används i fallstudie 2 planeras att byggas under 2011 och studier om substraten är därför genomförd i området (Wolski, L., 2011).

Anläggningen som är belägen inom ett område som täcks av ett fjärrvärmenät skulle det kunna vara möjligt att ansluta den till detta. Om Trelleborgs energi kommer att vilja koppla in det för värmeleveranser är dock osäkert. I dagsläget ligger priset på fjärrvärme i Trelleborgs fjärrvärmenät på 71,90 öre / kWh (Trelleborgs energi, 2011).

Tabell 3: Antaganden fallstudie 2

| Teknik | Livslängd [år] | Investeringskostnad [kr] | Elpris [kr/kWh] | Värmepris [kr/kWh] | Bränslepris [kr/kWh] | Bilaga nr. |
|--------------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------|--------------------|-------------------------|------------|
| Mikroturbin ¹ | 20 | 2 830 000 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 18 |
| Mikroturbin ² | 20 | 2 830 000 | 0,6 | 0,5 | 0,8 | 19 |
| Mikroturbin ³ | 20 | 2 830 000 | 0,6 | 0,5 | 0,2 | 20 |
| Mikroturbin ⁴ | 20 | 2 830 000 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 21 |
| Mikroturbin ⁵ | 20 | 2 830 000 | 0,6 | 0,5 | 0,9 | 22 |
| Mikroturbin ⁶ | 20 | 1 830 000 | 0,6 | 0,5 | 0,2 | 26 |
| Ottomotor ⁷ | 20 | 3 413 600 | 0,4 | 0,3 | 0,6 | 23 |
| Ottomotor ⁸ | 20 | 2 572 800 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 24 |
| Ottomotor ⁹ | 20 | 2 572 800 | 0,6 | 0,5 | 0,8 | 25 |
| Värmepanna ¹⁰ | 35 | 1 300 000 | 0,0 | 0,5 | 0,6 | 27 |
| Värmepanna ¹¹ | 35 | 1 300 000 | 0,0 | 0,5 | 0,6 | 28 |

¹ All producerad energi säljs på näten, Värmebehovet bestäms med klimatdata från Falsterbo.

² All producerad energi säljs på näten

³ All producerad energi säljs på näten

⁴ All producerad energi säljs på näten. Anläggningen körs på konstant effekt för att förbruka gas i produktionstakt.

⁵ All producerad energi säljs på näten. Anläggningen körs på konstant effekt för att förbruka gas i produktionstakt

⁶ All producerad energi säljs på näten

⁷ Ottomotor 120 kW, Värmebehovet bestäms med klimatdata från Falsterbo.

⁸ Ottomotor 60 kW. Anläggningen körs på konstant effekt för att förbruka gas i produktionstakt.

⁹ Ottomotor 60 kW. Anläggningen körs på konstant effekt för att förbruka gas i produktionstakt.

¹⁰ Värmebehovet bestäms med klimatdata från Falsterbo

¹¹ Anläggningen körs på konstant effekt för att förbruka gas i produktionstakt.

I tabell 3 redovisas indata som valdes att användas i modellen, där: investeringskostnad är kostnaden för kraftvärmeteknik samt för rötanläggning, elpris är det pris som betalas för den sålda elmängden, värmepris det pris som betalas för den producerade värmemängden, bvränslepriset är

det pris som bränslet har när det lämnar rötanläggningen. I bränslepriset ingår dock inte investeringen på rötanläggningen utan enbart drift/underhåll samt substratkostnad och rötresternas värde. Fallet där en mikroturbin används och investeringskostnaden har sjunkit till 1 830 000 kr innefattar en mikroturbin driven av biogas men utan någon investering i rötkammare.

5 Fallspecifika lösningar

5.1 Fallstudie 1

Eftersom det i fall 1 rör sig om en liten värmeförbrukning och en liten elförbrukning är den teknik som kan vara lönsam en stirlingmotor som driver en asynkrongenerator. Om det hade varit problem med frekventa elavbrott eller om det hade funnits verksamhet där det hade varit förödande med avbrott i elleveransen hade det kunnat vara motiverat med en synkrongenerator istället.

Lösningar med stirlingmotorer i samband med halmeldning finns inte på marknaden idag. Det finns enstaka tillverkare som har fliseldade anläggningar där elproduktionen baseras på stirlingteknik, då rör det sig om en elektrisk uteffekt om ca 35 kW. Anledningen till att det inte finns halmeldade på marknaden beror till stor del på halmens låga sintringstemperatur. De på marknaden förekommande stirlingmotorerna är utvecklade för en temperaturdifferens på närmare 600 °C (Vestin, A, 2010). Det är alltså möjligt att använda dessa motorer men det kräver att man ligger nära sintringstemperaturen, vilket inte är önskvärt.

Investering i en enkel helbalspanna för halm ligger i denna storleksordning på ca 200 000 kr med en livslängd på mellan 20 och 35 år, medan en lösning med stirlingmotorer har en livslängd på omkring 15 år.

Eftersom det rör sig om en liten anläggning på en enskild gård är det inte intressant att sälja någon värme eftersom denna förtjänst skulle bli så liten att det inte skulle kunna motivera utbyggnaden av ett kulvertsystem. Av den anledningen kommer inte värmen att generera någon inkomst. Det som återstår är då att den värmen som används i anläggningen ska bli så billig som möjligt. Dessutom kommer den producerade elen tillgodo på den egna sidan av elmätaren vilket kommer att minska totalkostnaden för värmen. För fallen med stirlingmotorer har simuleringarna utgått från att anläggningen utrustas med en generator som har en max effekt av 14 kW. Eftersom anläggningen förväntas hålla i 15 år är det lämpligt att den är betald när den byts ut. Det är även lämpligt att räkna på en avbetalningstid på 10 år eftersom räntan då kan bindas på för närvarande 5,37 % (SBAB 2011). Simuleringen gav resultatet att en totalinvestering på mellan 300 000 och 400 000 kr kan vara möjlig att räkna hem vid investering i kraftvärme. Samtlig indata i modellen redovisas i bilaga 2 – 13.

Anläggningen dimensionerades för att klara att hålla systemet varmt (70 kWh per daggrad under 13 °C) enligt klimatdata från SMHI enligt väderstationen i Falsterbo vilken är den närmast väderdata som finns tillgänglig. Eftersom det rör sig om en liten anläggning där det finns ett värmebehov har värmepriset satts till 0 kr/kWh eftersom värmen inte kommer att generera någon vinst utan kraftvärmen ska ses som ett försök att minimera förlusten som uppstår när anläggningen ska hållas varm.

Tabell 4: Resultat fallstudie 1

| Teknik | Ackumulerad vinst [kr] | Ackumulerad bränsleförbrukning [kWh] | Vinst per producerad kWh värme [kr/kWh] | Vinst per producerad kWh el [kr/kWh] | Vinst per förbrukad kWh bränsle [kr/kWh] | Bilaga nr. |
|------------------------|------------------------|--------------------------------------|---|--------------------------------------|--|------------|
| Värmepanna | -937 733 | 3 370 249 | -0,278 | - | -0,237 | 2 |
| Värmepanna | -1 443 271 | 6 938 748 | -0,245 | - | -0,208 | 3 |
| Stirling ¹ | -519 118 | 3 888 749 | -0,205 | -1,123 | -0,133 | 4 |
| Stirling ² | -650 960 | 3 888 749 | -0,258 | -1,409 | -0,167 | 5 |
| Stirling ³ | -854 518 | 3 888 749 | -0,338 | -1,850 | -0,220 | 6 |
| Stirling ⁴ | -1 325 233 | 9 198 000 | -0,524 | -0,758 | -0,144 | 7 |
| Stirling ⁵ | -676 660 | 3 888 749 | -0,268 | -1,465 | -0,180 | 8 |
| Stirling ⁶ | -808 502 | 3 888 749 | -0,320 | -1,750 | -0,208 | 9 |
| Stirling ⁷ | -808 502 | 3 888 749 | -0,470 | -1,750 | -0,210 | 10 |
| Stirling ⁸ | -1 319 772 | 3 888 749 | -0,522 | -2,857 | -0,340 | 11 |
| Stirling ⁹ | -1 502 579 | 9 945 435 | -0,210 | -1,877 | -0,151 | 12 |
| Stirling ¹⁰ | -1 766 263 | 9 945 435 | -0,246 | -2,206 | -0,178 | 13 |
| Stirling ¹¹ | -831 418 | 3 888 749 | -0,329 | -1,800 | -0,214 | 14 |
| Stirling ¹² | -1 106 010 | 9 198 000 | -0,438 | -0,633 | -0,120 | 15 |
| Stirling ¹³ | -1 414 730 | 3 888 749 | -0,560 | -3,062 | -0,364 | 16 |
| Stirling ¹⁴ | -2 485 710 | 9 198 000 | -0,983 | -1,422 | -0,270 | 17 |

¹ All producerad el används på egna sidan elmätaren

² All producerad el används på egna sidan elmätaren

³ All producerad el säljs till spotpris

⁴ All producerad el säljs till spotpris. Anläggningen kyls för att alltid producera max el.

⁵ 15 000 kWh/år säljs resten förbrukas på egna sidan mätaren, resten säljs till spotpris

⁶ 15 000 kWh/år säljs resten förbrukas på egna sidan mätaren, resten säljs till spotpris

⁷ All producerad el används på egna sidan elmätaren, fördubblat bränslepris

⁸ All producerad el används på egna sidan elmätaren, fördubblat bränslepris

⁹ All producerad el används på egna sidan elmätaren, Anläggningen belägen i Karesuando, termisk effekt ökad till 140 kW

¹⁰ All producerad el används på egna sidan elmätaren, Anläggningen belägen i Karesuando, termisk effekt ökad till 140 kW

¹¹ All producerad el säljs till spotpris

¹² All producerad el säljs till spotpris. Anläggningen kyls för att alltid producera max el

¹³ All producerad el säljs till spotpris

¹⁴ All producerad el säljs till spotpris. Anläggningen kyls för att alltid producera max el

Detta ger en Stirlingmotor med generator på 14 kW skulle kunna motivera en ökad investering på mellan 100 000 och 200 000 kr under förutsättning att all elen som genereras kan användas på den

egna sidan av mätaren och att elcertifikat erhålls för all produktion. En sådan anläggning kommer att producera ca. 31 000 kWh el varje år. Om däremot all elen säljs istället för att förbrukas finns det inte något investeringsutrymme alls. Eftersom det rör sig om så små energimängder är det svårt att hitta någon elhandlare som är intresserad av den att köpa den, varför det är svårt att motivera.

5.2 Fallstudie 2

Här kan det finnas ett antal olika lösningar. Det skulle här vara möjligt att enbart producera värme från biogasen men även vara möjligt att framställa kraftvärme. Fokuset ligger på att producera kraftvärme vilket leder till att detta studeras.

Som substrat används alger vilka samlas upp från badstränder i Trelleborgs kommun. Uppsamlingen av dessa alger ger tillräckligt substrat för att producera 0,7 GWh metan /år (Davidsson, Å., Ulfsson, E., 2008) varför denna mängd är intressant att simulera. Kostnaden för att samla materialet är svår att uppskatta. Efter uppsamling på stränderna ska substratet transporteras till rötanläggningen, en sträcka på ca 10 km. Resterna efter rötning innehåller stora mängder kväve, fosfor och kalium (ca 3,4 % fosfor, 4 % kväve samt 1 % kalium). Rötresterna värderas till ett pris motsvarande 8/3 kr / kg kväve, 6 kr / kg fosfor samt 8/3 kr / kg kalium vilket är en tredjedel av priset för motsvarande produkter mineralgödsel (Yara, 2010). Detta torde ge en produktionskostnad för gasen på ca 0,4 – 0,8 kr/kWh gas. Här räknas inte investeringen på rötkammrarna in utan denna belastar istället modellen genom att investeringen ökar i motsvarande grad.

Tabell 5: Resultat fallstudie 2

| Teknik | Akkumulerad vinst [kr] | Akkumulerad bränsleförbrukning [kWh] | Vinst per producerad kWh värme [kr/kWh] | Vinst per producerad kWh el [kr/kWh] | Vinst per förbrukad kWh bränsle [kr/kWh] | Bilag nr. |
|--------------------------|------------------------|--------------------------------------|---|--------------------------------------|--|-----------|
| Mikroturbin ¹ | -9 425 416 | 25 925 926 | -0,673 | -1,420 | -0,360 | 18 |
| Mikroturbin ² | -19 795 787 | 25 925 926 | -1,410 | -2,990 | -0,764 | 19 |
| Mikroturbin ³ | -4 240 231 | 25 925 926 | -0,310 | -0,640 | -0,164 | 20 |
| Mikroturbin ⁴ | -12 433 418 | 25 925 926 | -0,890 | -5,150 | -0,480 | 21 |
| Mikroturbin ⁵ | -9 301 775 | 21 875 000 | -1,630 | -9,450 | -0,880 | 22 |
| Mikroturbin ⁶ | -2 921 814 | 25 925 926 | -0,210 | -0,440 | -0,113 | 26 |
| Ottomotor ⁷ | -18 083 435 | 21 875 000 | -1,290 | -4,500 | -0,827 | 23 |
| Ottomotor ⁸ | -93 017 754 | 21 875 000 | -0,670 | -2,040 | -0,425 | 24 |
| Ottomotor ⁹ | -18 051 775 | 21 875 000 | -1,300 | -3,970 | -0,825 | 25 |
| Värmepanna ¹⁰ | -12 099 812 | 26 630 435 | -0,490 | - | -0,454 | 27 |

¹ All producerad energi säljs på näten, Värmebehovet bestäms med klimatdata från Falsterbo.

² All producerad energi säljs på näten

³ All producerad energi säljs på näten

⁴ All producerad energi säljs på näten. Anläggningen körs på konstant effekt för att förbruka gas i produktionstakt.

⁵ All producerad energi säljs på näten. Anläggningen körs på konstant effekt för att förbruka gas i produktionstakt

⁶ All producerad energi säljs på näten

⁷ Ottomotor 120 kW, Värmebehovet bestäms med klimatdata från Falsterbo.

⁸ Ottomotor 60 kW. Anläggningen körs på konstant effekt för att förbruka gas i produktionstakt.

⁹ Ottomotor 60 kW. Anläggningen körs på konstant effekt för att förbruka gas i produktionstakt.

¹⁰ Värmebehovet bestäms med klimatdata från Falsterbo

6 Diskussion

6.1 Fallstudie 1

Enligt den fallspecifika lösningen finns det ett väldigt litet investeringsutrymme för att kunna motivera en investering elgenerering om det inte förbrukas väldigt mycket el på anläggningen. I fall 1 kommer det att produceras omkring 31 000 kWh el varje år, detta är mer än 50% mer än vad som för tillfället förbrukas på gården. Detta kommer att göra att investeringsmöjligheterna kommer att sjunka, samt med ett elpris på 0,3 kr/kWh finns det en möjlighet att ha ett försäljningsabonnemang och sälja överskottsproduktionen vilket skulle ge en viss inkomst på denna. Med abonnemangskostnaden på 800 kr/år skulle det behöva säljas 2700 kWh/år för att finansiera denna möjlighet.

Vid en årlig försäljning av 15 000 kWh el för 0,30 kr/kWh och resterande produktion (ca 15 800 kWh) används på egna sidan mätaren har investeringsutrymmet minskat jämfört med fallen där all el förbrukas på den egna sidan mätaren och gjort investeringen på 400 000 kr oförsvarlig medan investeringen på 300 000 fortfarande är realistisk då priset på kWh värme fortfarande är under fallet med 20 års livslängd på pannan.

Vid känslighetsanalysen analyserades även möjligheten att bygga en liknande anläggning i en annan klimatzon vilket inte visade sig lämpligt. Om anläggningen flyttades till Karesuando istället skulle inte anläggningens termiska effekt räcka utan kalla dagar skulle temperaturen i värmenätet att sjunka. För att lösa detta ökades den termiska effekten till 140 kW medan eleffekten enbart ökades till 16 kW. Detta gav att värmeenergin skulle bli billigare per kWh än i Löderup om priset på stirlingmotorn inte översteg 700 000.

6.2 Fallstudie 2

Fallstudie 2 visar även den på svårigheterna att få god ekonomi i driften av anläggningen. Inte heller i fallen där rötresternas värde har höjts så att priset på bränslet har halverats har vinst kunnat påvisas. Rötresterna från tången innehåller dessutom kadmium varför det inte är säkert att de kommer att gå att använda som gödning på livsmedelsgrödor. Däremot borde de passa utmärkt för gödsling av Salix i energiändamål. Efter skörd och förbränning av salix skulle den näringsfattiga flygaskan kunna deponeras medan den näringsrika bottenaskan kunde fungera som fosfor och kaliumkälla. Anledningen till varför flygaskan bör deponeras är att kadmiumet hamnar i denna.

Om det skulle vara möjligt att koppla in sig och sälja energi till fjärrvärmenätet är tveksamt, under arbetets gång har jag inte lyckats få svar på frågan om det går eller vad det skulle kosta i avgifter. Eventuellt kan det vara möjligt nästa gång som det behövs en effekthöjning i fjärrvärmenätet men det är oklart på vilka villkor. En utredning för tredjepartstillträde till fjärrvärmenät har genomförts på uppdrag av regeringen (SOU, 2011:44).

7 Slutsats

Det här arbetet visar på problemen med att få lönsamhet småskalig kraftvärme. Anledningarna till detta är många men om små anläggningar på en enskild gård studeras är det investeringskostnaden som är för hög för att kunna motivera en investering. Om bränslepriset sjunker betydligt kan det eventuellt vara möjligt att visa gott resultat på anläggningen trots en hög investeringskostnad. Det största problemet med kraftvärmeproduktion med halmeldning är att förbränningstemperaturen är låg vilket leder till en relativt låg verkningsgrad. Tekniker som skulle kunna vara lönsamma i framtiden skulle antagligen bygga på ORC-kretsar men dessa har inte utvärderats i studien.

Den biogaseldade anläggningen visade sig inte heller vara lönsam, men detta kan till stor del bero på kostnaden för bränslet. I fallen där mikroturbin används för driften skulle investeringskostnaden behöva sjunka med mer än en miljon vilket inte är realistiskt att tro då bara turbinen kostar mer än så. Av detta kan konstateras att även om investeringskostnaden sjunker betydligt så kommer inte slutresultatet att ändras nämnvärt varför det är andra kostnader som måste minimeras. För att få god ekonomi skulle således investeringen, bränslepriset samt underhållskostnaderna behöva sjunka och intäkterna från värme och el att behöva stiga. Det är svårt att hitta en anläggning som ekonomiskt är jämförbar med enbart värmeproduktion vid småskalig drift.

8 Referenser

- Alvarez, H., 2006, Energiteknik, Studentlitteratur
- Andersson, J., Andersson, M., Blomberg, Y., Hansson, Ö., Marmolin, C., 2004, Rapport: Spannmål som en framtida energikälla för uppvärmning., Hushållnings sällskapet
- Andersson, S-L, Holmgren, M, 2010, Elnätsanslutning av småskalig gårdsbaserad biogaskraftvärme, Agroväst
- Barsali. S., Giglioli, R., Poli D., Cellini, M., 2010, An Externally fired gas turbine plant for combined heat and power generation from solid biomass: A practical experience, 18th European Biomass conference and Exhibition
- Bernesson, S., 1992, Möjligheter för kombinerat el och värmeproduktion på gårdsnivå från fasta bränslen med hjälp av förbränningsmotor, stirlingmotor eller ångmotor, Institutionen för lantbruksteknik
- Bernesson, S., Nilsson, D., 2005, Halm som energikälla, översikt av existerande kunskap, SLU institutionen för biometri och teknik
- Bioenergiportalen.se, 2010, ,
<http://www.bioenergiportalen.se/?p=1498&m=970>
<http://www.bioenergiportalen.se/?p=1516&m=998>
<http://www.bioenergiportalen.se/?p=1822&m=1170>
<http://www.bioenergiportalen.se/?p=1823&m=1171>
<http://www.bioenergiportalen.se/?p=2085&m=1267>
<http://www.bioenergiportalen.se/?p=2130&m=1268>
Hämtat 2010-10-20
- Bjurström Legnerot, U., 20110112, Skatteverket, storföretagsregionen, Personlig kontakt
- Boldt, L-L., Stridh, C., 2003, Energiskogsodling på bädd av kommunalt avloppsslam, Högskolan i Trollhättan, Institutionen för informatio och matematik.
- Comodi, G., De Carolis, C. Foppa Pedretti, E., Riva, G.L., Vagni, S., Italian feed-in tariff mechanism applied to a cogenerative plant fuelled by solid biomass. A technical-economic comparison between microturbine and stirling engine, 18th European Biomass conference and Exhibition
- Davidsson, Å., Ulfsson, E., 2008, Tång och alger som en naturresurs och förnyelsebar energikälla, Detox AB
- Ekroth, I., Granryd, E., 2006, Tillämpad termodynamik, Studentlitteratur
- Energimyndigheten, 2010, Elcertifikatsystemet 2010, Energimyndighetens förlag

- Eon, 2010, Nätpreislista, <http://www.eon.se/templates/Eon2TextPage.aspx?id=64237&epslanguage=SV>, hämtet 2010-10-27
- Eriksson, M. 2010, Personlig kontakt, Bal och Bobcat
- Eriksson, Å., 2009, Ny teknik för småskalig kraftvärme – med fokus på Organisk RankineCykle (ORC), Mälardalens Högskola
- Frederiksen, S. Werner, S., 2009, Fjärrvärme. Teori, teknik och funktion, Studentlitteratur Gastekniskt Center rapport nr. 128
- Giese, G., 2010, Personlig kontakt, Infinity Turbine LLC
- Haders, G., 2001, Små system för värmekulvertar på gårdsnivå, JTI nr 92
- Hemmingsson, M., Karlsson, D., 2007, Nätnytta från vindkraft, Elforsk rapport 07:42
- Hemmingsson, M., Karlsson, D., 2007, Nätnyttan från vindkraft, Elforsk rapport 07:42
- Herland, E., 2005, LRFs energiscenario till år 2020 : FÖRNYBAR ENERGI FRÅN JORD- OCH SKOGSBRUKET GER NYA AFFÄRER OCH BÄTTRE MILJÖ
- Johansson, A, 2010, Personlig kontakt, Laga Energi AB
- Johansson, B, 2010, Götene gårdsgas, personlig kontakt
- Kautz, M., Hansen, U., 2007, The externally fired gas turbine (EFGT-cycle) for decentralised use of biomass, Applied Energy volym 84
- Lantz, M., 2004, Gårdsbaserad produktion av biogas för kraftvärme – ekonomi och teknik
- Manwell, J.F., Mcgowan, J.G., Rogers, A.L., 2009, Wind energy explained; Second edition, Wiley
- Nordberg, U., Nordberg, Å., 2007, Torrötning – kunskapssammanställning och bedömning av utvecklingsbehov, JTI-rapport 357)
- Olsson, D., 2003, Tappvarmvatten i flerbostadshus, SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut
- Olsson, J., Persson. C., 2002, Jämförelse mellan olika kraftvärmeteknologier, Svenskt
- Paratherm, 2011, Paratherm NF datasheet , http://www.paratherm.com/_engineering/NFMSDS.pdf, hämtad 20110215
- Persson, B., 2010, Personlig kontakt, Hålltorps Säteri Maskin
- Preem, 2010, Eldningsolja 1 e32 <http://ipreem.preem.se/sm/prod3NySite.nsf/vProductsByLinkID/810?OpenDocument>, hämtat 2010-10-26
- Sandgren, S., 2010, Personlig kontakt, Trebema AB
- SOCO (Sustainable Agriculture and soil Conservation), maj 2009, Minskad halt av organiskt

material, Faktablad nr. 3

- Strömberg, B., 2010, Bränslehandboken, Värmeforsk
- Trelleborgs energi, 2011, <http://www.trelleborg.se/naringsliv/kommunala-bolag/trelleborgs-fjarrvarme-ab/sa-fungerar-fv/villakunder/>, Hämtad 20110201
- Vestin, A, 2010, Personlig kontakt, Cleanergy AB
- Yara, 2010, http://www.yara.se/media/news/news_2010/fertilizer_market_in_change.aspx . Hämtad 20101222
- Östrand, U. 2010, Personlig kontakt, Ystads energi
- SOU, 2011:44, Fjärrvärme i konkurrens .
- Wolski, L., 2011, Personlig kontakt, Trelleborgs kommun Miljöförvaltningen

Bilaga 1 Matlabmodell

ReadMe

%% Beräkningsskript README

Startas genom CHP.m

Programmet är skapat för användning i Matlab och testat med version 7.11.0 Byggt och testat på:

Ubuntu 10.04

Matlab R2010b

Installerade paket:

sam2p

ps2pdf

lp

enscript

OMM ovanstående paket saknas eller matlab inte är en unix version kommer en basic simulering att användas. Resultatet kommer då inte att kunna omvandlas till pdf-filer och skrivas ut automatiskt. OMM alla kraven är uppfylla kommer CHP.m att köra RunNix.m och flytta över färdiga simmleringar till mappen UtfordaBerakningar som pdf filer.

All indata till körningarna finns i confXXX.m filerna, där XXX är nummerföljden vilken kan användas för att identifiera filerna. Conffilen skall innehålla följande variabler. ZZZ innebär att det måste vara ett tal.

--- START EXEMPELKONFIGURATION ---

%Hur länge simuleringen ska fortsätta [år]

sim_tid_ar = ZZZ ;

%Vilket år byggnationen sker, viktgt för att kunna avgöra hur länge elceritifikat skall ges [år]

bygg_ar = ZZZ;

%Hur stor investeringskostnaden är exkl. ev. investeringsstöd [kr]

invest = ZZZ;

%Hur lång tid avbetalningen skall ske på [år]

avbetalningstid = ZZZ;

%Räntesats som dimensionslöst decimaltal [1]

ranta = ZZZ;

%Storleken på ev. investeringsstöd [kr]

invest_stod = ZZZ;

%Pris som försäljning av el kommer att inbringa [kr/kWh]

el_pris = ZZZ;

%Ersättning för elnyttan [kr/kWh]

el_natnytta = ZZZ;

%Pris som försäljning av el-cert inbringar [kr/kWh]

pris_elcert = ZZZ;

%Kostnad för hantering av el-cert [kr/år]

el_cert_hantering = ZZZ;

%avgift för el_abonemang för utmating på nätet [kr/år]

el_natavgift = ZZZ;

%pris för försäljning av värme [kr/kWh]

varme_pris = ZZZ;

%Kostnad för bortkylning av överskottsvärme för ökad elproduktion [kr/KWh_bortkyld värme]

kylkostnad = ZZZ;

%Variabel för maximering av elproduktion. vid 1 gåt pannan på full effekt och ej nyttig värme kylv bort [1,0]

kyl_all = ZZZ;

%Decimaltal för bestämning av hur mycket av värmeåtgången som är till tappvarmvatten. Antar konstant

%energiförbrukning till tappvarmvatten. [1]

tappvatten_andel = ZZZ;

%Systemets balanstemperatur, temperaturen då systemet bara behöver tillföra värme för att täcka tappvarmvattenbehovet
%[1]

balanstemp = ZZZ;

%Max termisk effekt på pannan [kW]

max_term = ZZZ;

%%

%Av nedanstående två alternativ får bara ett vara skilt från noll! annars kommer det itne vara möjligt att göra
%uträkningarna!

%Energibehov för att hålla systemet varmt [kWh/dygnsggrad]

energi_dygnsggrad = ZZZ;

%Årligt totalt värmebehov [kWh]

varmebehov_ar = ZZZ;

%%

%Kostnad för bränslet [kr/kWh]

branslekostnad = ZZZ;

%Fil vilket dygnsgmedeltemperaturen ska läsas in ifrån.

varmefil = 'Dygnsggrader_Falsterbo.xls';

%Fil från vilken data för bortkyld värmeenergi ska läsas in ifrån

kylenergi = 'bortkyld_varme_Falsterbo.xls';

%Verkningsgrad värme, [1]

verkningsgradvarme = ZZZ;

%elverkningsgrad [1]

verkningsgradel = ZZZ;

%Delverkningsgrader för el vid olika effektuttag. Vektorn ska innehålla 10 värden, jämt fördelad mellan 0 och 100%

% ger delverkningsgrad i förhållande till max verkningsgrad [1]

verkningsgrad_verk_el = [ZZZ;ZZZ;ZZZ;ZZZ;ZZZ;ZZZ;ZZZ;ZZZ;ZZZ;ZZZ];

%Underhållskostnad [kr/kWh_el]

underh_el = ZZZ;

%Underhållskostnad [kr/kWh_bränsle]

underh_bransle = ZZZ;

--- SLUT EXEMPELKONFIGURATION ---

--- NAMNSÄTTNING AV MATRIS ---

När simuleringen är genomförd kommer resultatet att sparas i matriser som anges enligt nedan. Matrisens prefix är namnet på configurationsfilen, i exemplet "conf1"

conf1_dag_summa : "vinst" per dag [kr]

conf1__totalsumma : samtliga dagsvisa vinster [kr]

conf1_bransle : dagsvis bränsleåtgång [kWh]

conf1_bransle_month : Månadsvis bränsleförbrukning [kWh]

conf1_bransle_ar : Årsvis bränsleförbrukning [kWh]

conf1_el : Dagsvis elproduktion [kWh]

conf1_el_month : Månadsvis elproduktion [kWh]

confl_el_ar : Årvis elproduktion [kWh]
confl_nyttig_varme : Dagsvis producerad men ej bortkyld värme [kWh]
confl_nyttig_varme_month : Månadsvis producerad men ej bortkyld värme [kWh]
confl_nyttig_varme_ar : Årvis producerad men ej bortkyld värme [kWh]
confl_bortkyld_varme : Dagsvis producerad bortkyld värme [kWh]
confl_bortkyld_varme_month : Månadsvis producerad bortkyld värme [kWh]
confl_bortkyld_varme_ar : Årvis producerad bortkyld värme [kWh]
confl_avbetalning_bransle : Dagsvis avbetalning av anläggningen baserat på använd bränslemängd. [kWh]

--- TYPISKA INDATA ---

Typisk data enligt SGC 128 år 2002

Stirling

Verkningsgrad_el = 19-25 %
Verkningsgrad_värme = 65-75 %
Verkningsgrad_tot = 87-99 %
Elutbyte (alfa) = 0,32-0,39
Investering 18 000 kr/kw_el
Underhåll ca 6% av invest/6000 driftstimmar (årsdrifttid) ger ca 0,18 kr/kWh_el
”Bra” dellastegenskaper ner till ca halv last

Ångturbin

Verkningsgrad_el = 20-30 %
Verkningsgrad_värme = 50-65 %
Verkningsgrad_tot = 80-85 %
Elutbyte (alfa) = 0,4-0,5
Investering 15-20 000 kr/kw_el
Underhåll ca 2% av invest/6000 driftstimmar
Tillfredställande dellast ner till ca 25% på pannan, motsvarande 15% på turbin

Mikroturbin (Turbec T100)

Verkningsgrad_el = 30 % Enligt hagvik ner till 24 %
Verkningsgrad_värme = 50 %
Verkningsgrad_tot = 80 %
Elutbyte (alfa) = 0,6
Investering 6 000- 7 000 kr/kw_el
Underhåll ca 2 - 4 % av invest/6000 driftstimmar (årsdrifttid)
Tillfredställande dellast ner till ca 50%

kolvmotor

Verkningsgrad_el = 25-42 %

Verkningsgrad_värme = 45-61 %

Verkningsgrad_tot = 81-92 %

Elutbyte (alfa) = 0,4-0,7

Investering 4 000 - 30 000 kr/kw_el, skillnad mellan 1Mw och 5,25kW

Underhåll högst bland teknikerna.

vid 50% last ca 3-5% minskning av verkningsgrad_el. ca 10% ner vid 25% last

ORC enligt Åsa Eriksson 090520 Ny teknik för småskalig kraftvärme -med fokus på ORC

Verkningsgrad_el = 18-20 %

Verkningsgrad_tot = 80-90 %

dellast konstant till ca 70% därefter fall på 2-3 %enheter till 50%, fall på 2-3 till 25 neråt obrukbar.

Investering 18-19 000 kr/kw_el för 10 kw infinity turbine (pers kontakt greg)

underhåll förmodligen som ångturbin

CHP.m

%%run.m fil för att köra matlabmodellen effektivt .

%%simuleringen är optimerad för användning i unix miljö med ett antal paket uppfyllda.

%% OMM samtliga krav är uppfylla kommer simuleringen att genomföras enligt

%%RunNix.m, annars enligt RunPC.m

```
unix = isunix;
```

```
if unix == 1;
```

```
[m,n] = size(dir('/usr/bin/sam2p'));
```

```
if m == 0;
```

```
    sam2p = 0;
```

```
else;
```

```
    sam2p = 1;
```

```
end;
```

```
[m,n] = size(dir('/usr/bin/enscript'));
```

```
if m == 0;
```

```
    enscript = 0;
```

```
else;
```

```
    enscript = 1;
```

```
end;
```

```
;
```

```
[m,n] = size(dir('/usr/bin/ps2pdf'));
if m == 0;
    ps2pdf = 0;
else;
    ps2pdf = 1;
end;
```

```
[m,n] = size(dir('/usr/bin/ps2pdf'));
if m == 0;
    ps2pdf = 0;
else;
    ps2pdf = 1;
end;
```

```
[m,n] = size(dir('/usr/bin/lp'));
if m == 0;
    lp = 0;
else;
    lp = 1;
end;
```

```
if sam2p == 1 && ensript == 1 && ps2pdf == 1 && lp == 1
    RunNix
```

```
    else RunPC
end
```

```
else
    RunPC
end
```

RunNix.m

```
%% Småskalig biobränsleledad kraftvärmeproduktion-teknik och investeringsutrymme
%% Examensarbete Civilingenjörsprogrammet i energisystem
%% Skapat av Ruben Svensson
%%
%% MODELLSPECIFIKA EGENSKAPER:
%% Elproduktionen bestäms utifrån värmeavsättningen
%% Tar ej hänsyn till elförbrukning som krävs för att driva varmvattenpumpar
```

```

clear all

    %Stationär indata för kontroll av utskrivft och spara
inputsvar = 0;

    %Konrollerar att det existerar en mapp med namn TEMP och att denna
    %är tom
folder= isdir('TEMP') ;
if (folder == 1) ;
    filer=dir('TEMP');
    fillista={filer.name} ;
    if length(fillista) >= 3 ;
        for i=3:length(fillista) ;
            var=['!rm ./TEMP/', char(fillista(i)), ' '];
            eval(var);
        end
    end
else
    !mkdir TEMP ;
end

    %Kontrollerar och skappar mappen UtfordaBerakningar om den inte finns
folder= isdir('UtfordaBerakningar') ;
if (folder == 0) ;
    !mkdir UtfordaBerakningar ;
end

    %Undersöker antalet fall som ska simuleras

conf_sok=dir('conf*.m');
conf2string={conf_sok.name};
conf2string_stript=strrep(conf2string,'.m','');
antal_fall = length(conf2string_stript);
%Säkerställer att det finns något att simulera
if antal_fall == 0
    var=['Det finns inga fall att simulera skapa nya conffiler efter instruktioner i README']
    error(var)
else

    fall = 1;

```

```

while fall <= antal_fall
conffil = conf2string_stript{fall};

%%Indata
run(conffil);
styrning;

%Styrning av utskrifter
while inputsvar ~= 'y' && inputsvar ~= 'Y' && inputsvar ~= 'n' && inputsvar ~= 'N'
inputsvar = input('Vill du att resultatet ska skrivas ut på std. skrivare? Y/N \n','s')
end

%%Beräkningar%%

%Produktion av värme samt el och åtgång av bränsle [kWh]
[pannfel pannstorlek_fel, varme, varme_month, varme_ar, bransle, bransle_month, bransle_ar, el, el_month, el_ar ] =
produktion(conffil);

%sparar matris med förlåg panneffekt
var = [conffil, '_pannstorlek_fel = pannstorlek_fel'];
eval(var);

%Avbetalning)
[avbetalning_bransle] = avbetalning(bransle_ar, conffil);

[el_cert, year_plot, elcert_hantering, el_natanslutning_kostnad] = el_ekonomi(bransle_ar, conffil);

%kostnad för elproduktion per dag.
el_kost(1:simtid,1) = el_natanslutning_kostnad(1:simtid,1) .* bransle(1:simtid,1) + elcert_hantering(1:simtid,1) .*
bransle(1:simtid,1) + el(1:simtid,1) * underh_el(1,1);

%inkomst elproduktion per dag
el_inkomst(1:simtid,1) = el(1:simtid,1) * (el_natnytta(1,1) + el_pris(1,1)) + 1000*(floor((el(1:simtid,1)/1000))) .*
el_cert(1:simtid,1);

%gemensamma kostnader per dag
gemensamma_kostnader(1:simtid,1) = bransle(1:simtid,1) * (branslekostnad(1,1) + underh_bransle(1,1)) +
avbetalning_bransle(1:simtid,1) .* bransle(1:simtid,1) + varme(1:simtid,2) .* kylkostnad(1,1);

%Inkomster för värmeförsäljning
varme_inkomst(1:simtid,1)= varme(1:simtid,1) .* varme_pris(1,1);

%Summering av kostnader/inkomster
dag_summa(1:simtid,1) = el_inkomst(1:simtid,1) - el_kost(1:simtid,1) - gemensamma_kostnader(1:simtid,1) +
varme_inkomst(1:simtid,1);

%Sparar värdena från varje körning

```



```
dag_sum = strcat(conffil,'_dag_summa');
dag_sum_name = strcat(conffil,'dagsumma.[kr]');
var=[dag_sum,'= dag_summa;'];
eval(var);
var=[conffil , '_totalsumma = sum(dag_summa)'];
eval(var)
```

```
dag_bransle = strcat(conffil,'_bransle');
var=[dag_bransle,'= bransle(1:simtid,1)'];
eval(var);
dag_bransle_month = strcat(conffil,'_bransle_month');
dag_bransle_month_name = strcat(conffil,'.månadsförbrukning.av.bränsle.[kwh]');
var=[dag_bransle_month,'= bransle_month(1:simtidmonth,1)'];
eval(var);
dag_bransle_ar = strcat(conffil,'_bransle_ar');
var=[dag_bransle_ar,'= bransle_ar(1:simtidar,1)'];
eval(var);
```

```
dag_el = strcat(conffil,'_el');
var=[dag_el,'= el(1:simtid,1)'];
eval(var);
dag_el_month = strcat(conffil,'_el_month');
dag_el_month_name = strcat(conffil,'.månadsproduktion.av.el.[kwh]');
var=[dag_el_month,'= el_month(1:simtidmonth,1)'];
eval(var);
dag_el_ar = strcat(conffil,'_el_ar');
var=[dag_el_ar,'= el_ar(1:simtidar,1)'];
eval(var);
```

```
dag_nyttig_varm = strcat(conffil,'_nyttig_varme');
var=[dag_nyttig_varm,'= varme(1:simtid,1)'];
eval(var);
dag_nyttig_varm_month = strcat(conffil,'_nyttig_varme_month');
dag_nyttig_varm_month_name = strcat(conffil,'.månadsproduktion.av.nyttig.varme.[kwh]');
var=[dag_nyttig_varm_month,'= varme_month(1:simtidmonth,1)'];
eval(var);
dag_nyttig_varm_ar = strcat(conffil,'_nyttig_varme_ar');
var=[dag_nyttig_varm_ar,'= varme_ar(1:simtidar,1)'];
eval(var);
```

```
dag_bortkyld = strcat(conffil,'_bortkyld_varme');
```

```

var=[dag_bortkyld,'= varme(1:simtid,2);'];
eval(var);
dag_bortkyld_month = strcat(conffil,'_bortkyld_varme_month');
var=[dag_bortkyld_month,'= varme_month(1:simtidmonth,2);'];
eval(var);
dag_bortkyld_ar = strcat(conffil,'_bortkyld_varme_ar');
var=[dag_bortkyld_ar,'= varme_ar(1:simtidar,2);'];
eval(var);

dag_avbet = strcat(conffil,'_avbetalning_bransle');
var=[dag_avbet,'= avbetalning_bransle(1:simtid,1);'];
eval(var);

figure(fall);

subplot(4,1,1)
var=['plot(1:length(', dag_sum, '), ' dag_sum ');'];
eval(var)
v=axis;
var=['v(2)=length(', dag_sum, ') ;'];
eval(var) ;
axis(v) ;
if v(2)/365 <= 10 ;
tick = 0:365:floor(v(2)) ;
ticklab = (0:1:v(2)/365)' ;
else
tick = 0:365*5:(v(2)-365) ;
ticklab = (0:5:(v(2)/365)-1)' ;
end
set(gca,'XTick', tick,'XTickLabel',ticklab)
v=axis;
var=['v(2)=length(', dag_sum, ') ;'];
eval(var);
axis(v);
title('Vinst');
xlabel('År');
ylabel('kr');

subplot(4,1,2)
var=['plot(1:length(', dag_bransle_month, '), ' dag_bransle_month ');'];

```

```

eval(var)
v=axis;
var=['v(2)=length(' , dag_bransle_month, ' ) ;'];
eval(var) ;
axis(v) ;
if v(2)/12 <= 10 ;
tick = 0:12:floor(v(2)) ;
ticklab = (0:1:v(2)/12)' ;
else
tick = 0:12*5:(v(2)-12) ;
ticklab = (0:5:(v(2)/12)-1)' ;
end
set(gca,'XTick', tick,'XTickLabel',ticklab)
title('Bränsleförbrukning');
xlabel('År')
ylabel('kWh')

subplot(4,1,3)
var=['plot(1:length(' , dag_nyttig_varm_month, '), ' dag_nyttig_varm_month ');'];
eval(var)
v=axis;
var=['v(2)=length(' , dag_bransle_month, ' ) ;'];
eval(var) ;
axis(v) ;
if v(2)/12 <= 10 ;
tick = 0:12:floor(v(2)) ;
ticklab = (0:1:v(2)/12)' ;
else
tick = 0:12*5:(v(2)-12) ;
ticklab = (0:5:(v(2)/12)-1)' ;
end
set(gca,'XTick', tick,'XTickLabel',ticklab)
title('Värmeproduktion');
xlabel('År')
ylabel('kWh')

subplot(4,1,4)
var=['plot(1:length(' , dag_el_month, '), ' dag_el_month ');'];
eval(var)
v=axis;
var=['v(2)=length(' , dag_bransle_month, ' ) ;'];

```

```

eval(var) ;
axis(v) ;
if v(2)/12 <= 10 ;
    tick = 0:12:floor(v(2)) ;
    ticklab = (0:1:v(2)/12)' ;
else
    tick = 0:12*5:(v(2)-12) ;
    ticklab = (0:5:(v(2)/12)-1)' ;
end
set(gca,'XTick', tick,'XTickLabel',ticklab)
title('Elproduktion');
xlabel('År')
ylabel('kWh')

```

```

        %Sparar figurer för att kunna arbeta med dom sen
set(gcf, 'PaperType', 'A4');
orient tall
print( gcf, '-dpng' , 'temp');
var=['!mv temp.png ./TEMP/temp.png ;' ] ;
eval(var);

```

```

        %Lägger till valda utdata i conffilen för att lättare kunna analysera
tid=datestr(clock, 'yyyymmdd-HH-MM-SS') ;
var_name= './TEMP/conf_sum.txt' ;
var=['namn = " , tid ,'-conf.m" ;'];
eval(var);
dlmwrite(var_name, namn , 'delimiter', " , 'newline', 'pc');
dlmwrite(var_name, ' ' , 'delimiter', " , 'newline', 'pc', '-append');
dlmwrite(var_name, ' ' , 'delimiter', " , 'newline', 'pc', '-append');
dlmwrite(var_name, ' ' , 'delimiter', " , 'newline', 'pc', '-append');

```

```

Ackumulerad_Summa=['% Ackumulerad_Summa = ', num2str(round(sum(dag_summa(1:simtid,1)))), ' kr ;'];
dlmwrite(var_name, Ackumulerad_Summa, 'delimiter', " , 'newline', 'pc', '-append');

```

```

Ackumulerad_bransleforbrukning=['% Ackumulerad_bransleforbrukning = ', num2str(round(sum(bransle(1:simtid,1)))), ' kWh ;'];
dlmwrite(var_name, Ackumulerad_bransleforbrukning, 'delimiter', " , 'newline', 'pc', '-append');

```

```

Ackumulerad_Nyttig_varme=['% Ackumulerad_Nyttig_varme = ', num2str(round(sum(varme(1:simtid,1)))), ' kWh ;'];

```

```

dlmwrite(var_name,Ackumulerad_Nyttig_varme,'delimiter', ", 'newline', 'pc','append');
Ackumulerad_bortkyld_varme=['% Ackumulerad_bortkyld_varme = ',num2str(round(sum(varme(1:simtid,2)))),'
kWh ;'];
dlmwrite(var_name,Ackumulerad_bortkyld_varme,'delimiter', ", 'newline', 'pc','append');

Ackumulerad_el=['% Ackumulerad_el = ',num2str(round(sum(el(1:simtid,1)))),' kWh ;'];
dlmwrite(var_name,Ackumulerad_el,'delimiter', ", 'newline', 'pc','append');

Ackumulerad_sumGbransle=['% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_bransleforbrukning =
',num2str((sum(dag_summa(1:simtid,1))/sum(bransle(1:simtid,1)))),' kr/kWh ;'];
dlmwrite(var_name,Ackumulerad_sumGbransle,'delimiter', ", 'newline', 'pc','append');

Ackumulerad_sumGEl=['% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_el =
',num2str((sum(dag_summa(1:simtid,1))/sum(el(1:simtid,1)))),' kr/kWh ;'];
dlmwrite(var_name,Ackumulerad_sumGEl,'delimiter', ", 'newline', 'pc','append');

Ackumulerad_sumGVarm=['% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_Nyttig_varme =
',num2str((sum(dag_summa(1:simtid,1))/sum(varme(1:simtid,1)))),' kr/kWh ;'];
dlmwrite(var_name,Ackumulerad_sumGVarm,'delimiter', ", 'newline', 'pc','append');

dmlwrite(var_name, ' ', 'delimiter', ", 'newline', 'pc','append');
dmlwrite(var_name, pannfel, 'delimiter', ", 'newline', 'pc','append');
dmlwrite(var_name, ' ', 'delimiter', ", 'newline', 'pc','append');

    %Stänger figuren
close(gcf);

    %skapar pdf med conf och grafter
var=['!cat ./TEMP/conf_sum.txt ', confil, '.m >> ./TEMP/' , tid, '.txt ;'];
eval(var);
pause(5);
var=['!enscript ./TEMP/' , tid, '.txt -i 5 -o ./TEMP/mTEMP.ps ;'];
eval(var);
pause(5);
var=['!sam2p -j:quiet -e:1 ./TEMP/temp.png EPS: ./TEMP/',confil, '.eps ;'];
eval(var)
pause(5);
var=['!cat ./TEMP/' , confil, '.eps > ./TEMP/gTEMP.ps ;'];
eval(var)
pause(5);

```

```

var=['!cat ./TEMP/gTEMP.ps ./TEMP/mTEMP.ps > ./TEMP/aTEMP.ps;'];
eval(var);
pause(5);
var=['!ps2pdf ./TEMP/aTEMP.ps ', confil, '.pdf;'];
eval(var);

```

```

        %Skriver ut resultatet på STD skrivare om detta är valt!
if inputsvar == 'Y' || inputsvar == 'y'
    pause(3);
    var=['!lp ', confil, '.pdf;'];
    pause(3);
    eval(var);
    pause(50)
end

        %Städar upp och flyttar resultat till mappen UtfordaBerakningar
        %för att förbereda inför nästa varv på loopen
var=['!mv ', confil, '.m ./UtfordaBerakningar/', tid, '-conf.m;'];
eval(var);
var=['!mv ', confil, '.pdf ./UtfordaBerakningar/', tid, '.pdf;'];
eval(var);

```

```

!rm ./TEMP/*;
clearvars -except fall antal_fall conf2string_stript conf* inputsvar
fall = fall + 1;
end
end

```

RunPC.m

```

%% Småskalig biobränsleledad kraftvärmeproduktion-teknik och investeringsutrymme
%% Examensarbete Civilingenjörsprogrammet i energisystem
%% Skapat av Ruben Svensson
%%
%% MODELLSPECIFIKA EGENSKAPER:
%% Elproduktionen bestäms utifrån värmeavsättningen
%% Tar ej hänsyn till elförbrukning som krävs för att driva varmvattenpumpar
clear all

```

%Undersöker antalet fall som ska simuleras

```
conf_sok=dir('conf*.m');
conf2string={conf_sok.name};
conf2string_stript=strrep(conf2string,'m','');
antal_fall = length(conf2string_stript);
%Säkerställer att det finns något att simulera
if antal_fall == 0
var=['Det finns inga fall att simulera skapa nya conffiler efter instruktioner i README']
error(var)
else
```

```
fall = 1;
```

```
while fall <= antal_fall
conffil = conf2string_stript{fall};
```

%%Indata

```
run(conffil);
styrning;
```

%%Beräkningar%%

%Produktion av värme samt el och åtgång av bränsle [kWh]

```
[pannfel pannstorlek_fel, varme, varme_month, varme_ar, bransle, bransle_month, bransle_ar, el, el_month, el_ar ] =
produktion(conffil);
```

%sparar matris med förlåg panneffekt

```
var = [conffil, '_pannstorlek_fel = pannstorlek_fel'];
eval(var);
```

%Avbetalning)

```
[avbetalning_bransle] = avbetalning(bransle_ar, conffil);
```

```
[el_cert, year_plot, elcert_hantering, el_natanslutning_kostnad] = el_ekonomi(bransle_ar, conffil);
```

%kostnad för elproduktion per dag.

```
el_kost(1:simtid,1) = el_natanslutning_kostnad(1:simtid,1) .* bransle(1:simtid,1) + elcert_hantering(1:simtid,1) .*
bransle(1:simtid,1) + el(1:simtid,1) * underh_el(1,1);
```

%inkomst elproduktion per dag

```
el_inkomst(1:simtid,1) = el(1:simtid,1) * (el_natnytta(1,1) + el_pris(1,1)) + 1000*(floor((el(1:simtid,1)/1000))) .*
```

```

el_cert(1:simtid,1);

    %gemensamma kostnader per dag

    gemensamma_kostnader(1:simtid,1) = bransle(1:simtid,1) * (branslekostnad(1,1) + underh_bransle(1,1)) +
    avbetalning_bransle(1:simtid,1) .* bransle(1:simtid,1) + varme(1:simtid,2) .* kylkostnad(1,1);

    %Inkomster för värmeförsäljning

    varme_inkomst(1:simtid,1)= varme(1:simtid,1) .* varme_pris(1,1) ;

    %Summering av kostnader/inkomster

    dag_summa(1:simtid,1) = el_inkomst(1:simtid,1) - el_kost(1:simtid,1) - gemensamma_kostnader(1:simtid,1) +
    varme_inkomst(1:simtid,1);


    %Sparar värdena från varje körning

    dag_sum = strcat(conffil,'_dag_summa');
    dag_sum_name = strcat(conffil,'.dagsumma.[kr]');
    var=[dag_sum,'= dag_summa;'];
    eval(var);
    var=[conffil , '_totalsumma = sum(dag_summa) ;'];
    eval(var)


    dag_bransle = strcat(conffil,'_bransle');
    var=[dag_bransle,'= bransle(1:simtid,1);'];
    eval(var);
    dag_bransle_month = strcat(conffil,'_bransle_month');
    dag_bransle_month_name = strcat(conffil,'.månadsförbrukning.av.bränsle.[kwh]');
    var=[dag_bransle_month,'= bransle_month(1:simtidmonth,1);'];
    eval(var);
    dag_bransle_ar = strcat(conffil,'_bransle_ar');
    var=[dag_bransle_ar,'= bransle_ar(1:simtidar,1);'];
    eval(var);


    dag_el = strcat(conffil,'_el');
    var=[dag_el,'= el(1:simtid,1);'];
    eval(var);
    dag_el_month = strcat(conffil,'_el_month');
    dag_el_month_name = strcat(conffil,'.månadsproduktion.av.el.[kwh]');
    var=[dag_el_month,'= el_month(1:simtidmonth,1);'];
    eval(var);
    dag_el_ar = strcat(conffil,'_el_ar');
    var=[dag_el_ar,'= el_ar(1:simtidar,1);'];
    eval(var);


    dag_nyttig_varm = strcat(conffil,'_nyttig_varme');
    var=[dag_nyttig_varm,'= varme(1:simtid,1);'];

```



```

eval(var);
dag_nyttig_varm_month = strcat(conffil,'_nyttig_varme_month');
dag_nyttig_varm_month_name = strcat(conffil,'.månadsproduktion.av.nyttig.värme.[kwh]');
var=[dag_nyttig_varm_month,'= varme_month(1:simtidmonth,1);'];
eval(var);
dag_nyttig_varm_ar = strcat(conffil,'_nyttig_varme_ar');
var=[dag_nyttig_varm_ar,'= varme_ar(1:simtidar,1);'];
eval(var);

dag_bortkyld = strcat(conffil,'_bortkyld_varme');
var=[dag_bortkyld,'= varme(1:simtid,2);'];
eval(var);
dag_bortkyld_month = strcat(conffil,'_bortkyld_varme_month');
var=[dag_bortkyld_month,'= varme_month(1:simtidmonth,2);'];
eval(var);
dag_bortkyld_ar = strcat(conffil,'_bortkyld_varme_ar');
var=[dag_bortkyld_ar,'= varme_ar(1:simtidar,2);'];
eval(var);

dag_avbet = strcat(conffil,'_avbetalning_bransle');
var=[dag_avbet,'= avbetalning_bransle(1:simtid,1);'];
eval(var);

figure(fall);

subplot(4,1,1)
var=['plot(1:length(', dag_sum, '), 'dag_sum ');'];
eval(var);
v=axis;
var=['v(2)=length(', dag_sum, ');'];
eval(var);
axis(v);
if v(2)/365 <= 10 ;
tick = 0:365:floor(v(2));
ticklab = (0:1:v(2)/365)';
else
tick = 0:365*5:(v(2)-365);
ticklab = (0:5:(v(2)/365)-1)';
end
set(gca,'XTick', tick,'XTickLabel',ticklab)

```

```

title('Vinst');
xlabel('År');
ylabel('kr');

subplot(4,1,2)
var=['plot(1:length(', dag_bransle_month, '), ' dag_bransle_month ');'];
eval(var)
v=axis;
var=['v(2)=length(', dag_bransle_month, ') ;'];
eval(var) ;
axis(v) ;
if v(2)/12 <= 10 ;
tick = 0:12:floor(v(2)) ;
ticklab = (0:1:v(2)/12)' ;
else
tick = 0:12*5:(v(2)-12) ;
ticklab = (0:5:(v(2)/12)-1)' ;
end
set(gca,'XTick', tick,'XTickLabel',ticklab)
title('Bränsleförbrukning');
xlabel('År')
ylabel('kWh')

subplot(4,1,3)
var=['plot(1:length(', dag_nyttig_varm_month, '), ' dag_nyttig_varm_month ');'];
eval(var)
v=axis;
var=['v(2)=length(', dag_bransle_month, ') ;'];
eval(var) ;
axis(v) ;
if v(2)/12 <= 10 ;
tick = 0:12:floor(v(2)) ;
ticklab = (0:1:v(2)/12)' ;
else
tick = 0:12*5:(v(2)-12) ;
ticklab = (0:5:(v(2)/12)-1)' ;
end
set(gca,'XTick', tick,'XTickLabel',ticklab)
title('Värmeproduktion');
xlabel('År')
ylabel('kWh')

```

```

subplot(4,1,4)
var=['plot(1:length(' , dag_el_month, '), 'dag_el_month ');'];
eval(var)
v=axis;
var=['v(2)=length(' , dag_bransle_month, ') ');'];
eval(var) ;
axis(v) ;
if v(2)/12 <= 10 ;
tick = 0:12:floor(v(2)) ;
ticklab = (0:1:v(2)/12)' ;
else
tick = 0:12*5:(v(2)-12) ;
ticklab = (0:5:(v(2)/12)-1)' ;
end
set(gca,'XTick', tick,'XTickLabel',ticklab)
title('Elproduktion');
xlabel('År')
ylabel('kWh')

```

```

clearvars -except fall antal_fall conf2string_stript conf* inputsvar
fall = fall + 1;
end
end

```

styrning.m

```

%% Småskalig bibränsleledad kraftvärmeproduktion-teknik och investeringsutrymme
%% Examensarbete Civilingenjörsprogrammet i energisystem
%% Skapat av Ruben Svensson
%%
%% fil för att göra återkommande styrningar, Skall ej ändras
%%säkerställer att alla variabler finns med
run(conffil);

```

```

simtidar=sim_tid_ar;
sim_tid_ar = sim_tid_ar + 1;
sim_tid = sim_tid_ar * 365 ; %simtid i dagar, utan hänsyn till skottår
sim_tid_month = sim_tid_ar * 12 ;%simtid i månader

```

```

simtid=sim_tid - 365;
simtidmonth=sim_tid_month -12;

%kontrollerar så att sim_tid_ar är större än avbetalningstid
if avbetalningstid > sim_tid_ar
    var=['Kontrollera variablerna "avbetalningstid" och "sim_tid_ar" i ', confil, ' eftersom avbetalningstid > sim_tid_ar' ;]
    error(var) ;
end

```

produktion.m

```

%% Småskalig bibränsleledad kraftvärmeproduktion-teknik och investeringsutrymme
%% Examensarbete Civilingenjörsprogrammet i energisystem
%% Skapat av Ruben Svensson
%%
%% varme.m används för att läsa in värmeeffekter från xlsfilen varmeeffekt.xls
%% Funktionen returnerar två vektorer med dels nyttigvärme och dels bortkyldvärme
%% vektorerna har enheten [kWh/h], indatan är [kWh/dygn]
%% varme.m anropas av modell.m

function [str pannstorlek_fel, varme, varme_month, varme_ar, bransle, bransle_month, bransle_ar, el, el_month, el_ar ]
= produktion(confil)

%säkerställer att alla variabler finns med
run(confil) ;
styrning;
str = '% I inga fall var den termiska effekten otillräcklig';

%%Inläsning av dygnsgrader och konvertering från dygnsgrader till energibehov
dygnsgrader = xlsread(varmefil);

[m,n] = size(dyngnsgrader);
if(m == sim_tid && n == 1)

elseif(m == 365 && n == 1)
    varde = 366;
    while (varde <= sim_tid)
        dygnsgrader(varde,1)= dygnsgrader(varde-365,1);
        varde=varde+1;
    end

```

```

else
    var=['Det är ett fel i filen ', varmefil, ' enligt ', conffil, ' felet beror på att filen inte innehåller en kolumn med
    antingen exakt 365 eller ', sim_tid, ' rader med dygnsgrader;'];
    error(var)
end

for i=1:length(dygnsgader)
    if dygnsgader(i,1) < 0 ;
        dygnsgader_under_balanstemp(i,1) = (-1 * dygnsgader(i,1)) + balanstemp ;
    elseif dygnsgader(i,1) >= 0 && dygnsgader(i,1) < balanstemp ;
        dygnsgader_under_balanstemp(i,1) = balanstemp - dygnsgader(i,1) ;
    elseif dygnsgader(i,1) >= balanstemp ;
        dygnsgader_under_balanstemp(i,1) = 0 ;
    else
        var=['Det har blivit något fel med beräkningarna av antalet dygnsgrader under balanstemp. Detta skedde vid dagnr. ', i
        , 'vid filen enligt ', conffil, ' ']
        error(var)
    end
end

%% konvertering från dygnsgrader till värmebehov
%kontroll så att antingen energi_dygnsgad eller varmebehov_ar == 0
%Samt att den endast en är skild från noll
if energi_dygnsgad > 0 && varmebehov_ar == 0
    for i=1:length(dygnsgader_under_balanstemp)
        varmeenergi(i,1)=dygnsgader_under_balanstemp(i,1)*energi_dygnsgad;
    end

    elseif varmebehov_ar > 0 && energi_dygnsgad == 0
        energi_dygnsgad= varmebehov_ar / sum(dygnsgader_under_balanstemp(1:365));
        for i=1:length(dygnsgader_under_balanstemp)
            varmeenergi(i,1)=dygnsgader_under_balanstemp(i,1)*energi_dygnsgad;
        end
    elseif varmebehov_ar == 0 && energi_dygnsgad == 0
        var=['Det är fel eftersom varmebehov_ar == 0 && energi_dygnsgad == 0;'];
        error(var)
    else
        var=['Något okänt har blivit fel vid arbete med filen ', conffil, ' samt beräkningarna av ', varmefil, ' ; ' ]
        error(var)
    end

%Årvis summering av värmebehov samt beräkning av energi för tappvarmvatten

```

```

varme_ar=0;
varme(:,1)=varmeenergi(:,1);

for year=1:sim_tid_ar
    varme_ar(year,1)=sum(varme(1+365*(year-1):365+365*(year-1),1));
    tappvarme_dag(year,1)=(varme_ar(year,1)/365) * ((1/(1-tappvatten_andel))*tappvatten_andel);
    varme(1+365*(year-1):365+365*(year-1),1)=varme(1+365*(year-1):365+365*(year-1),1)+tappvarme_dag(year);
end

%Inläsning av bortkylda värmeenergier samt lägger in energierna i varme-matrisen
if kyl_all==0
    bortkyld_varme = xlsread(kylenergi);
    [m,n] = size(bortkyld_varme);
    if n==1
        varme(1:length(bortkyld_varme),2)=bortkyld_varme(1:length(bortkyld_varme),1);
        if(m == sim_tid && n == 1)

        elseif (m == 365 && n == 1)
            varde = 366;
            while (varde <= sim_tid)
                varme(varde,2)= varme(varde-365,2);
                varde=varde+1;
            end

        else
            var=['Det är ett fel i filen ', kylenergi, ' enligt ', conffil, ' felet beror på att filen inte innehåller en kolumn med antingen exakt 365eller ',sim_tid, ' rader med dygnsgrader;']
            error(var)
        end
    elseif n~=1
        var=['Det är ett fel i filen ', kylenergi, ' enligt ', conffil, ' felet beror på att filen inte innehåller en kolumn med antingen exakt 365 eller ',sim_tid, ' rader med dygnsgrader;']
        error(var)
    end

elseif kyl_all==1
    for i=1:length(varme)
        varme(i,2)=abs((max_term*24) - (1/verkningsgradvarme * varme(i,1))) ;
    end
end

```

```

%dygnsvisa beräkningar av bränsleåtgång
%räknare för förlåg panneffekt
counter=1;
pannstorlek_fel=0;

for dag=1:sim_tid
%dagsvis bränslebehov [kwh/dag]
bransle(dag,1) = (1/verkningsgradvarme * varme(dag,1)) + varme(dag,2);
%kontrollerar om pannan är tillräckligt stor
if bransle(dag,1) > max_term * 24
    pannstorlek_fel(counter,1)= dag ;
    pannstorlek_fel(counter,2)= max_term;
    pannstorlek_fel(counter,3)= bransle(dag,1)/24 - max_term ;
    counter=counter+1 ;
end
end

%Felmedelande om panneffekt är för låg
if pannstorlek_fel ~= 0
    counter = counter -1;
    maximum = max(pannstorlek_fel(:,3));
    str = ['FEL, max effekt på pannan är: ', num2str(max_term) , ' kW. Vid ', num2str(counter) , ' tillfälle räcker inte
    effekten. Under Simmulerings tiden av ', confil , ' saknas som mest ', num2str(maximum) , ' kW. Hela matrisen med
    dagar som har termisk effektbrist heter ', confil , '_pannstorlek_fel' ];

    disp(str)

end

for dag=1:sim_tid
%Dagsvis elproduktion
if bransle(dag,1) <= max_term*24*0.1
    verkningel=verkningsgradel * verkningsgrad_verk_el(1);

elseif bransle(dag,1) < max_term*24*0.2 && bransle(dag,1) >= max_term*24*0.1
    verkningel=verkningsgradel * verkningsgrad_verk_el(2);
elseif bransle(dag,1) < max_term*24*0.3 && bransle(dag,1) >= max_term*24*0.2
    verkningel=verkningsgradel * verkningsgrad_verk_el(3);
elseif bransle(dag,1) < max_term*24*0.4 && bransle(dag,1) >= max_term*24*0.3
    verkningel=verkningsgradel * verkningsgrad_verk_el(4);
elseif bransle(dag,1) < max_term*24*0.5 && bransle(dag,1) >= max_term*24*0.4

```

```

verkningel=verkningsgradel * verkningsgrad_verk_el(5);
elseif bransle(dag,1) < max_term*24*0.6 && bransle(dag,1) >= max_term*24*0.5
verkningel=verkningsgradel * verkningsgrad_verk_el(6);
elseif bransle(dag,1) < max_term*24*0.7 && bransle(dag,1) >= max_term*24*0.6
verkningel=verkningsgradel * verkningsgrad_verk_el(7) ;
elseif bransle(dag,1) < max_term*24*0.8 && bransle(dag,1) >= max_term*24*0.7
verkningel=verkningsgradel * verkningsgrad_verk_el(8);
elseif bransle(dag,1) < max_term*24*0.9 && bransle(dag,1) >= max_term*24*0.8
verkningel=verkningsgradel * verkningsgrad_verk_el(9);
elseif bransle(dag,1) > max_term*24*0.9
verkningel=verkningsgradel * verkningsgrad_verk_el(10);
end

el(dag,1)=bransle(dag,1)*verkningel;
end

```

%månadsvis samt årsvis

%värmeproduktion, bränsleåtgång samt elproduktion

```

year=1;
month=1;
varme_ar(year,1:2)=0;
bransle_ar(year,1)=0;
el_ar(year,1)=0;

```

%Summera dag/månads/års-vis

```

year = 1;
while year <= simtidar
%jan
varme_month(month,:)=sum(varme(1+(year*365):31+(year*365),:));
bransle_month(month,1)=sum(bransle(1+(year*365):31+(year*365),1));
el_month(month,1)=sum(el(1+(year*365):31+(year*365),:));
varme_ar(year,:)=varme_ar(year,:)+varme_month(month,:);
bransle_ar(year,1)=bransle_ar(year,1)+bransle_month(month,1);
el_ar(year,1)=el_ar(year,1)+el_month(month,1);
month=month+1;
%feb
varme_month(month,:)=sum(varme(32+(year*365):59+(year*365),:));
bransle_month(month,1)=sum(bransle(32+(year*365):59+(year*365),1));
el_month(month,1)=sum(el(32+(year*365):59+(year*365),1));
varme_ar(year,:)=varme_ar(year,:)+varme_month(month,:);
bransle_ar(year,1)=bransle_ar(year,1)+bransle_month(month,1);

```



```

el_ar(year,1)=el_ar(year,1)+el_month(month,1);
month=month+1;
%mars
varme_month(month,:)=sum(varme(60+(year*365):90+(year*365),:));
bransle_month(month,1)=sum(bransle(60+(year*365):90+(year*365),1));
el_month(month,1)=sum(el(60+(year*365):90+(year*365),1));
varme_ar(year,:)=varme_ar(year,:)+varme_month(month,:);
bransle_ar(year,1)=bransle_ar(year,1)+bransle_month(month,1);
el_ar(year,1)=el_ar(year,1)+el_month(month,1);
month=month+1;
%april
varme_month(month,:)=sum(varme(91+(year*365):120+(year*365),:));
bransle_month(month,1)=sum(bransle(91+(year*365):120+(year*365),1));
el_month(month,1)=sum(el(91+(year*365):120+(year*365),1));
varme_ar(year,:)=varme_ar(year,:)+varme_month(month,:);
bransle_ar(year,1)=bransle_ar(year,1)+bransle_month(month,1);
el_ar(year,1)=el_ar(year,1)+el_month(month,1);
month=month+1;
%maj
varme_month(month,:)=sum(varme(121+(year*365):151+(year*365),:));
bransle_month(month,1)=sum(bransle(121+(year*365):151+(year*365),1));
el_month(month,1)=sum(el(121+(year*365):151+(year*365),1));
varme_ar(year,:)=varme_ar(year,:)+varme_month(month,:);
bransle_ar(year,1)=bransle_ar(year,1)+bransle_month(month,1);
el_ar(year,1)=el_ar(year,1)+el_month(month,1);
month=month+1;
%juni
varme_month(month,:)=sum(varme(152+(year*365):181+(year*365),:));
bransle_month(month,1)=sum(bransle(152+(year*365):181+(year*365),1));
el_month(month,1)=sum(el(152+(year*365):181+(year*365),1));
varme_ar(year,:)=varme_ar(year,:)+varme_month(month,:);
bransle_ar(year,1)=bransle_ar(year,1)+bransle_month(month,1);
el_ar(year,1)=el_ar(year,1)+el_month(month,1);
month=month+1;
%juli
varme_month(month,:)=sum(varme(182+(year*365):212+(year*365),:));
bransle_month(month,1)=sum(bransle(182+(year*365):212+(year*365),1));
el_month(month,1)=sum(el(182+(year*365):212+(year*365),1));
varme_ar(year,:)=varme_ar(year,:)+varme_month(month,:);
bransle_ar(year,1)=bransle_ar(year,1)+bransle_month(month,1);
el_ar(year,1)=el_ar(year,1)+el_month(month,1);

```

```

month=month+1;
%aug
varme_month(month,:)=sum(varme(213+(year*365):243+(year*365),:));
bransle_month(month,1)=sum(bransle(213+(year*365):243+(year*365),1));
el_month(month,1)=sum(el(213+(year*365):243+(year*365),1));
varme_ar(year,:)=varme_ar(year,:)+varme_month(month,:);
bransle_ar(year,1)=bransle_ar(year,1)+bransle_month(month,1);
el_ar(year,1)=el_ar(year,1)+el_month(month,1);
month=month+1;
%sep
varme_month(month,:)=sum(varme(244+(year*365):273+(year*365),:));
bransle_month(month,1)=sum(bransle(244+(year*365):273+(year*365),1));
el_month(month,1)=sum(el(244+(year*365):273+(year*365),1));
varme_ar(year,:)=varme_ar(year,:)+varme_month(month,:);
bransle_ar(year,1)=bransle_ar(year,1)+bransle_month(month,1);
el_ar(year,1)=el_ar(year,1)+el_month(month,1);
month=month+1;
%okt
varme_month(month,:)=sum(varme(274+(year*365):304+(year*365),:));
bransle_month(month,1)=sum(bransle(274+(year*365):304+(year*365),1));
el_month(month,1)=sum(el(274+(year*365):304+(year*365),1));
varme_ar(year,:)=varme_ar(year,:)+varme_month(month,:);
bransle_ar(year,1)=bransle_ar(year,1)+bransle_month(month,1);
el_ar(year,1)=el_ar(year,1)+el_month(month,1);
month=month+1;
%nov
varme_month(month,:)=sum(varme(305+(year*365):334+(year*365),:));
bransle_month(month,1)=sum(bransle(305+(year*365):334+(year*365),1));
el_month(month,1)=sum(el(305+(year*365):334+(year*365),1));
varme_ar(year,:)=varme_ar(year,:)+varme_month(month,:);
bransle_ar(year,1)=bransle_ar(year,1)+bransle_month(month,1);
el_ar(year,1)=el_ar(year,1)+el_month(month,1);
month=month+1;
%dec
varme_month(month,:)=sum(varme(335+(year*365):365+(year*365),:));
bransle_month(month,1)=sum(bransle(335+(year*365):365+(year*365),1));
el_month(month,1)=sum(el(335+(year*365):365+(year*365),1));
varme_ar(year,:)=varme_ar(year,:)+varme_month(month,:);
bransle_ar(year,1)=bransle_ar(year,1)+bransle_month(month,1);
el_ar(year,1)=el_ar(year,1)+el_month(month,1);
month=month+1;

```

```

    year=year+1;
if (year < sim_tid_ar)
    varme_ar(year,1)=0;
    bransle_ar(year,1)=0;
    el_ar(year,1)=0;
end

end

```

```

%%dellastegenskaper

```

```

%a=1;
%c=1;
%varm=varm/24;

% while a<=365
% b=1;
% while b<=24;
% nyttig_varme_tim(c,1)=varm(a,1) ;
% bortkyld_varme_tim(c,1)=varm(a,2) ;
% b=b+1 ;
% c=c+1 ;
% end
% a=a+1 ;
% end

```

el_ekonomi.m

```

%% Småskalig biobränsleledad kraftvärmeproduktion-teknik och investeringsutrymme
%% Examensarbete Civilingenjörsprogrammet i energisystem
%% Skapat av Ruben Svensson
%%
%% Funktionen returnerar en vektor med årtal från igångkörning till skrot
%% Funktioen returnerar även en vektor med förväntade elcertifikatpris
%% elcert.m anropas av modell.m

```

```

function [elcert, year_plot, elcert_hantering, el_natanslutning_kostnad] = el_ekonomi(bransle_ar, confil)

```

```
%säkerställer att alla variabler finns med
```

```
run(conffil);
```

```
styrning;
```

```
%Nuvarande år
```

```
year_nu = str2num(datestr(date,'YYYY')) ;
```

```
%%Beräkning av inkomster från elcertifikat
```

```
%%skapar årsvektor
```

```
if bygg_ar > year_nu;
```

```
for i=0:sim_tid_ar;
```

```
year_plot(i+1,1)= year_bygg + i;
```

```
i=i+1;
```

```
end
```

```
else
```

```
for i=1:sim_tid_ar;
```

```
year_plot(i,1)= year_nu + i;
```

```
i=i+1;
```

```
end
```

```
end
```

```
%%Skapar vektor med elcert värde
```

```
%antaget värde på elcert [kr/kWh]
```

```
el_cert_vektor(sim_tid_ar, 1) = 0;
```

```
% anläggningar byggda efter införandet av elcertifikat
```

```
%tilldelning av certifikat i 15 år dock längst till 2035
```

```
if (bygg_ar >= 2003) && (bygg_ar <= year_nu) && (year_nu <= 2020);
```

```
i=(15 -( year_nu - bygg_ar));
```

```
el_cert_vektor(1:i,1) = pris_elcert;
```

```
elseif (bygg_ar > year_nu);
```

```
i=(15);
```

```
el_cert_vektor(1:i,1) = pris_elcert;
```

```

else
    el_cert_vektor(sim_tid_ar, 1) = 0;
end

a = 0;
while a < simtidar;
    elcert(1+(a*365):365*(a+1),1)=el_cert_vektor(a+1,1);
    a = a + 1;
end

%%Beräkning av kostnad för certifikathantering [kr/kWh_bränsle]
elcert_h(:,1) = el_cert_hantering(1,1) ./ bransle_ar(:,1);

```

```

a = 0;
while a < simtidar;
    elcert_hantering(1+(a*365):365*(a+1),1)=elcert_h(a+1,1);
    a = a + 1;
end

```

```

%%Beräkning av kostnad för elnäts anslutning [kr/kWh_bränsle]
natanslutning(:,1) = el_natavgift(1,1) ./ bransle_ar(:,1);

```

```

a = 0;
while a < simtidar;
    el_natanslutning_kostnad(1+(a*365):365*(a+1),1)=natanslutning(a+1,1);
    a = a + 1;
end

```

avbetalning.m

```

%% Småskalig biobränsleledad kraftvärmeproduktion-teknik och investeringsutrymme
%% Examensarbete Civilingenjörsprogrammet i energisystem
%% Skapat av Ruben Svensson
%%
%% Avbetalningen sker enligt annuitetsmetoden med årliga inbetalningar.
%% Avbetalningarna kommer att belasta de gemensamma kostnaderna varför
%% vektorn som returneras avbetalning_bransle har enheten [kr/kWh_bränsle]
%% avbetalning.m anropas av modell.m

```

```

function [avbetalning_bransle] = avbetalning(bransle_ar,conffil)

```

%säkerställer att alla variabler finns med

run(conffil);

styrning;

%Beräknar avskrivning med kalkylränta och ränta på ränta

if avbetalningstid > 0;

Avbet_ar(sim_tid_ar-1, 1) = 0 ;

verklig_invest = invest - invest_stod ;

Avbet_ar(1:avbetalningstid,1) = verklig_invest * (ränta*(1+ränta)^avbetalningstid)/(((1+ränta)^avbetalningstid)-1);

avbetning(:,1) = Avbet_ar(:,1) ./ bransle_ar(:,1);

a = 0;

while a < simtidar;

avbetalning_bransle(1+(a*365):365*(a+1),1)=avbetning(a+1,1);

a = a + 1;

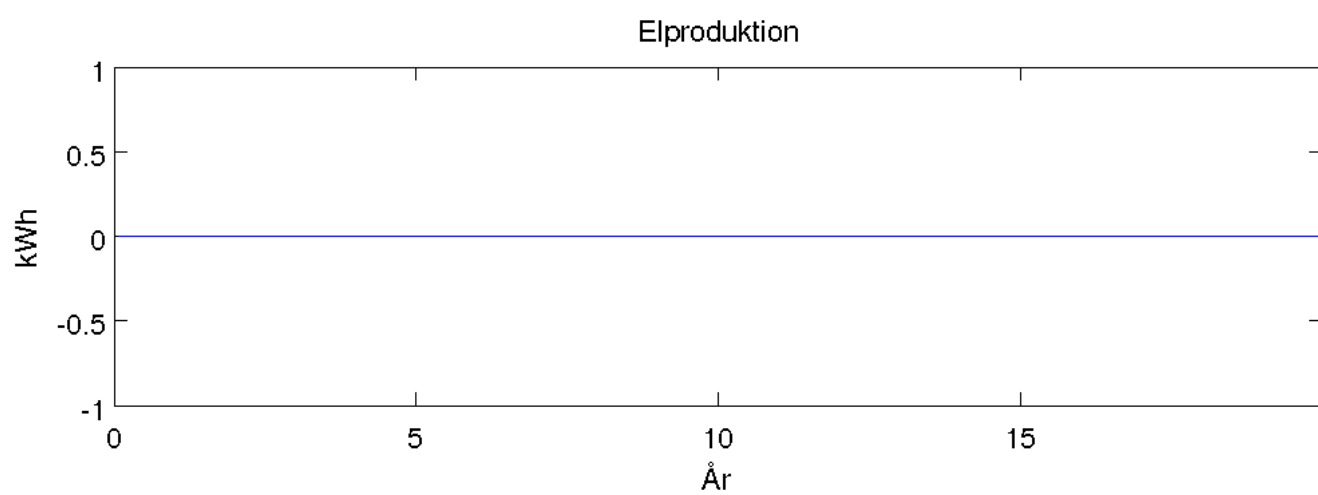
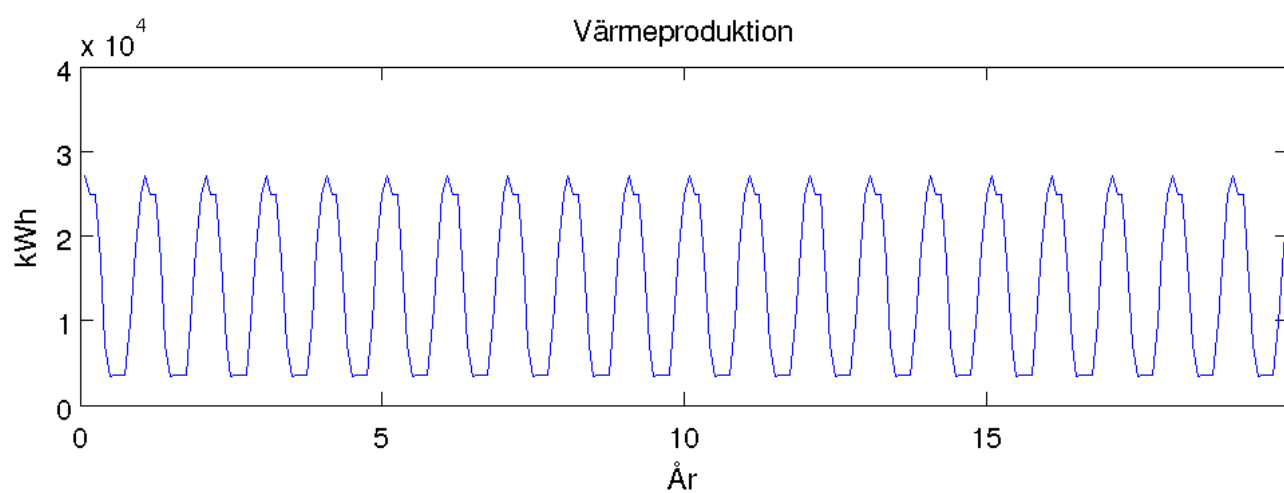
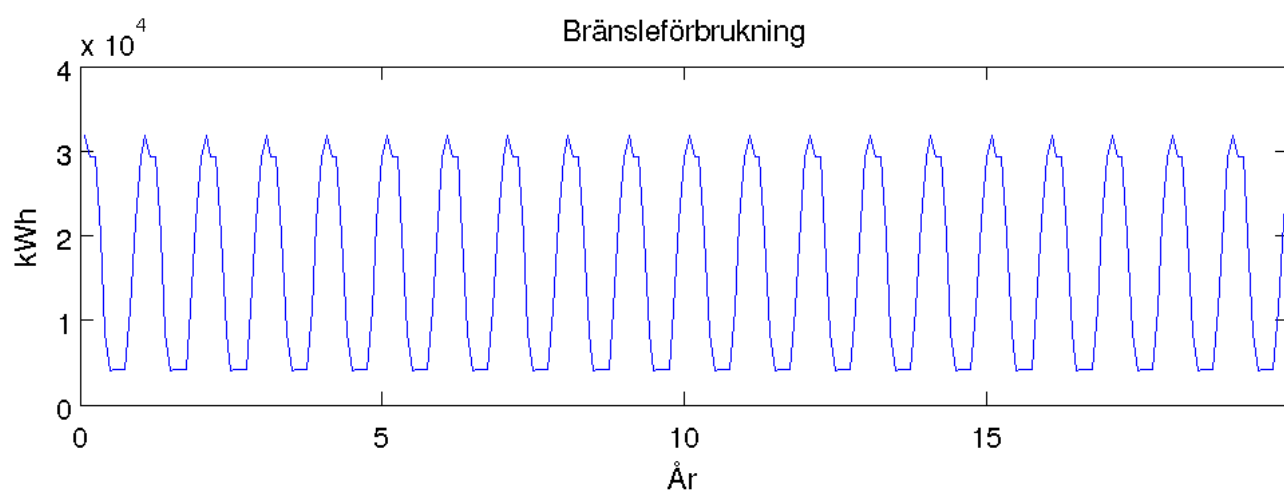
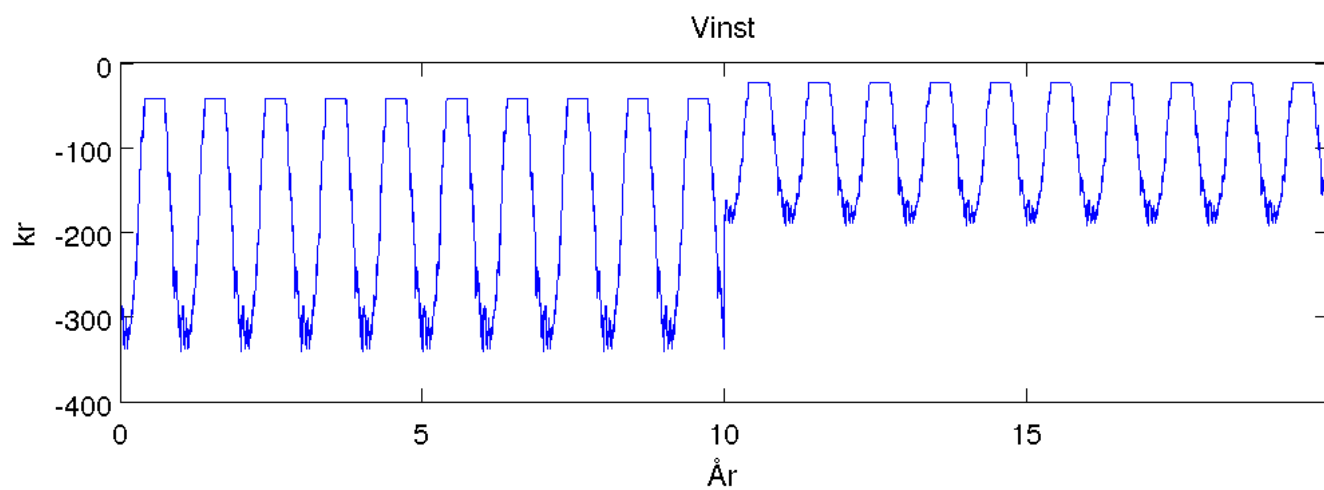
end

elseif avbetalningstid == 0 ;

avbetalning_bransle(1:simtid,1) = 0;

end

Bilaga 2



20110125-09-59-04-conf.m

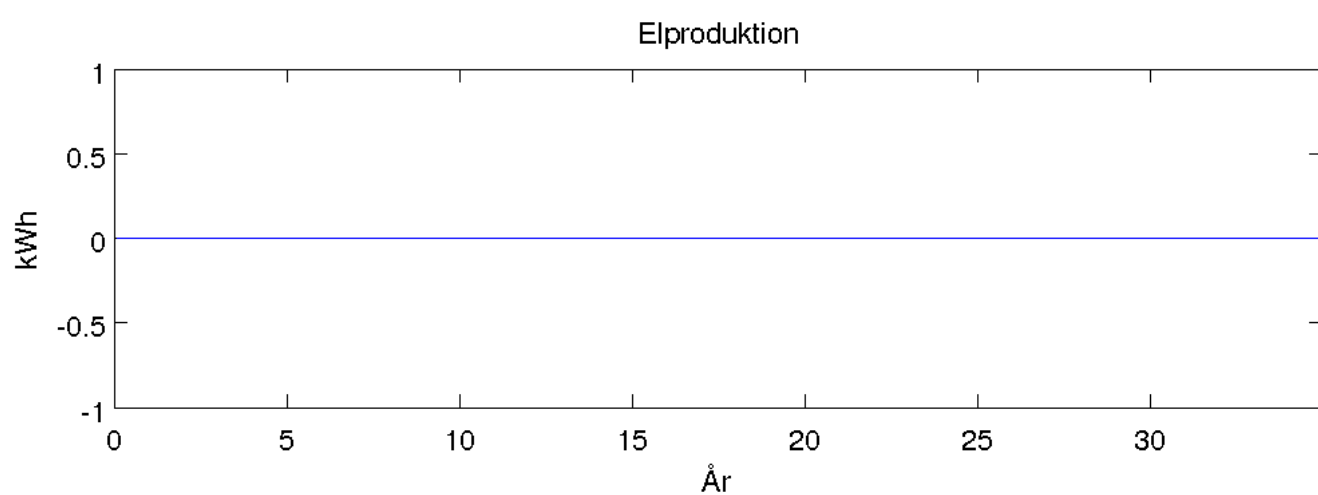
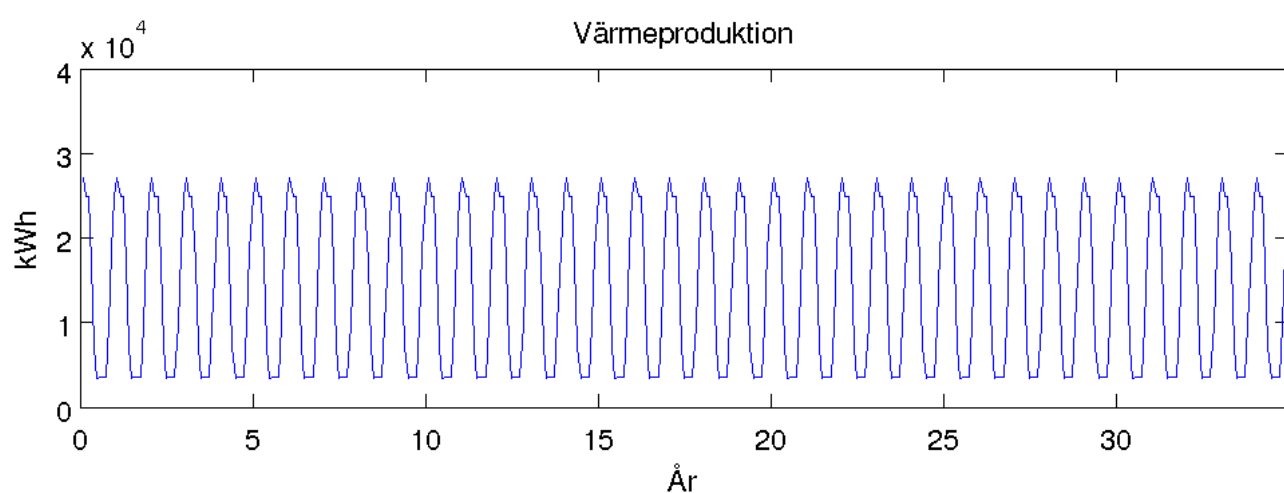
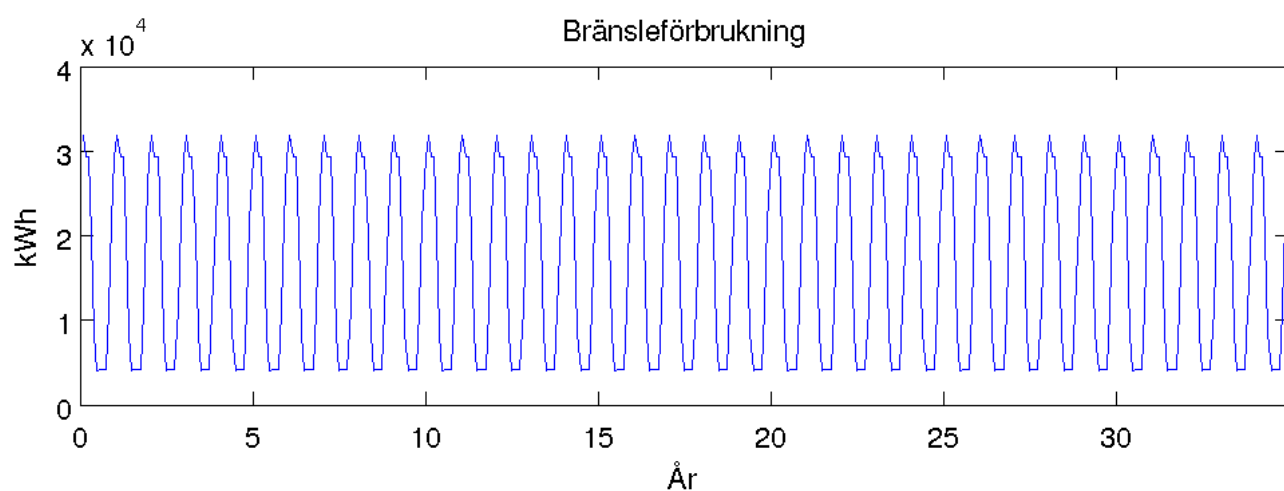
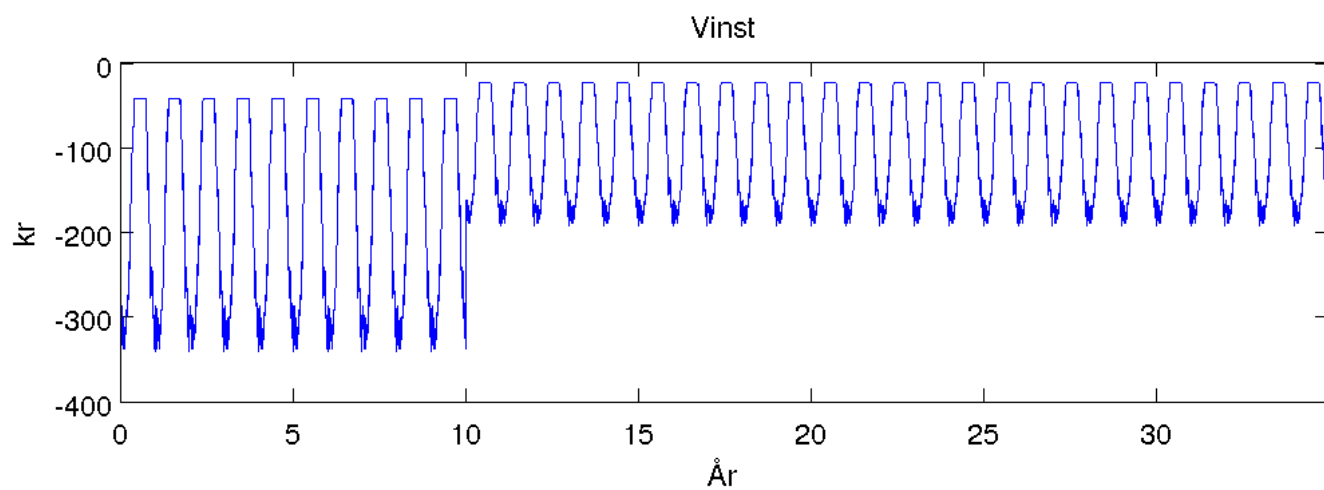
```
% Ackumulerad_Summa = -937733 kr ;
% Ackumulerad_bransleforbrukning = 3964999 kWh ;
% Ackumulerad_Nyttig_varme = 3370249 kWh ;
% Ackumulerad_bortkyld_varme = 0 kWh ;
% Ackumulerad_el = 0 kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_bransleforbrukning = -0.2365 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_el = -Inf kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_Nyttig_varme = -0.27824 kr/kWh ;
```

```
% I inga fall var den termiska effekten otillräcklig
```

```
sim_tid_ar = 20 ;
bygg_ar = 2011 ;
invest = 200000 ;
avbetalningstid = 10 ;
ranta = 0.0537 ;
invest_stod = 0 ;
el_pris = 0 ;
el_natnytta = 0 ;
pris_elcert = 0 ;
el_cert_hantering = 0 ;
el_natavgift = 0 ;
varme_pris = 0 ;
kylkostnad = 0 ;
kyl_all = 0 ;
tappvatten_andel = 0.25 ;
balanstemp = 13 ;
max_term = 70 ;
energi_dygnsggrad = 70 ;
varmebehov_ar = 0 ;
branslekostnad = 0.15 ;
varmefil = 'Dygnsggrader_Falsterbo.xls' ;
kylenergi = 'bortkyld_varme_Falsterbo.xls' ;
verkningsgradvarme = 0.85 ;
verkningsgradel = 0 ;
verkningsgrad_verk_el = [ 0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0];
underh_el = 0 ;
underh_bransle = 0.02 ;
```

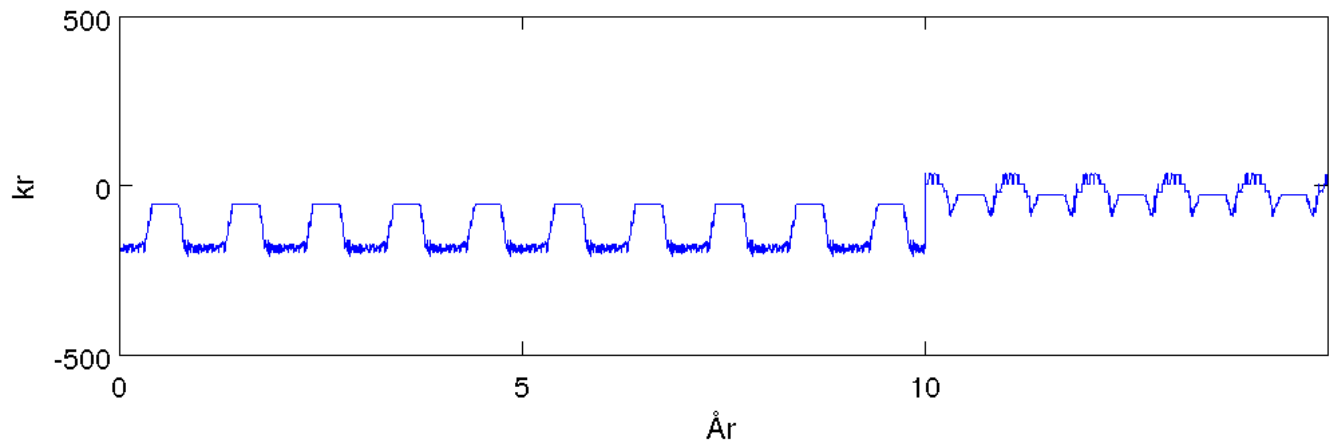
```
% Kommentar '' ;
```

Bilaga 3

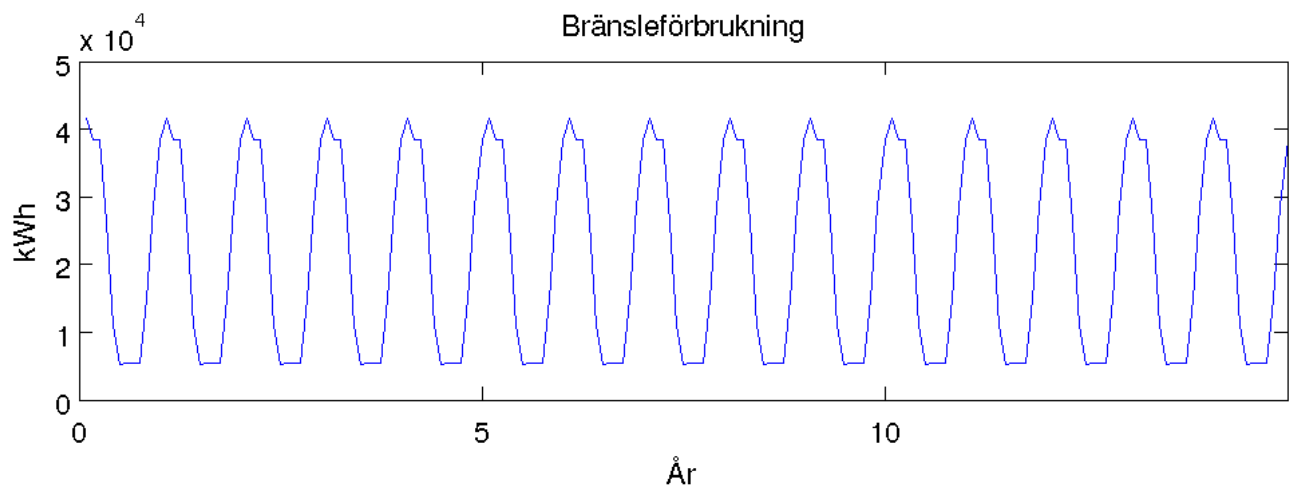


Bilaga 4

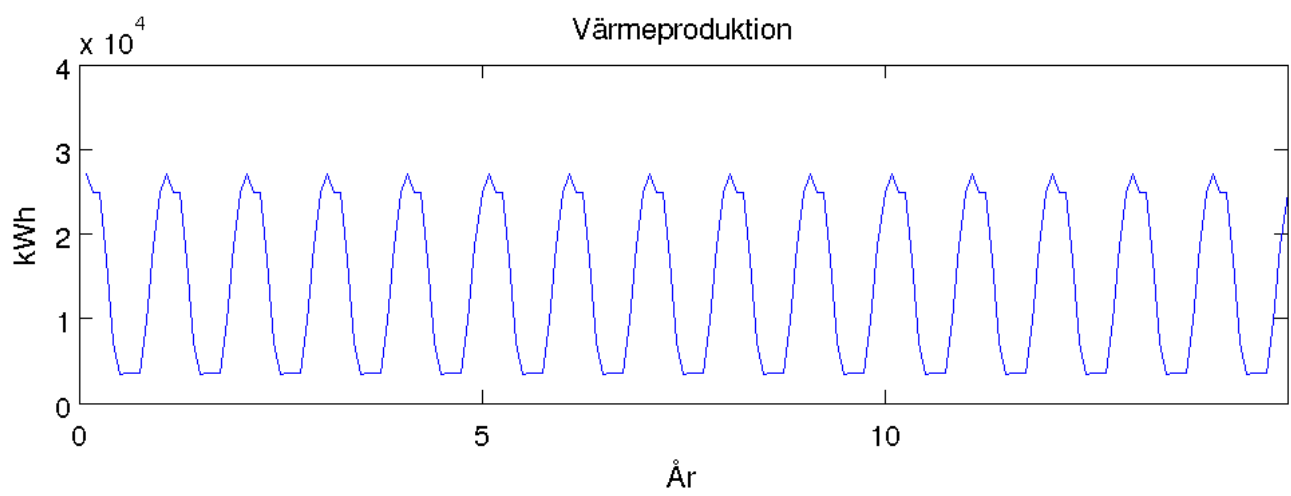
Vinst



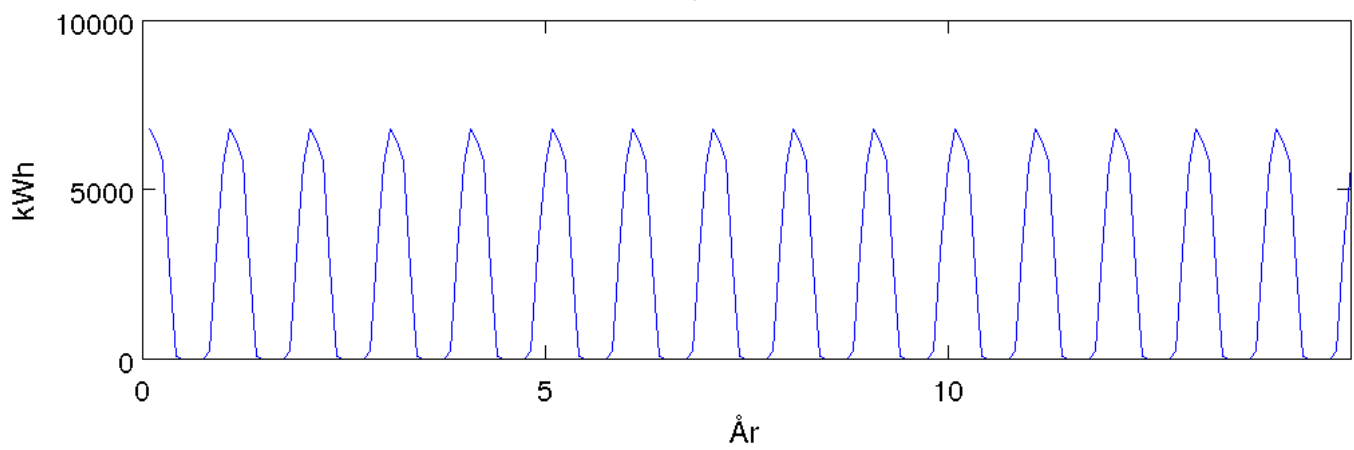
Bränsleförbrukning



Värmeproduktion



Elproduktion



20110125-10-01-53-conf.m

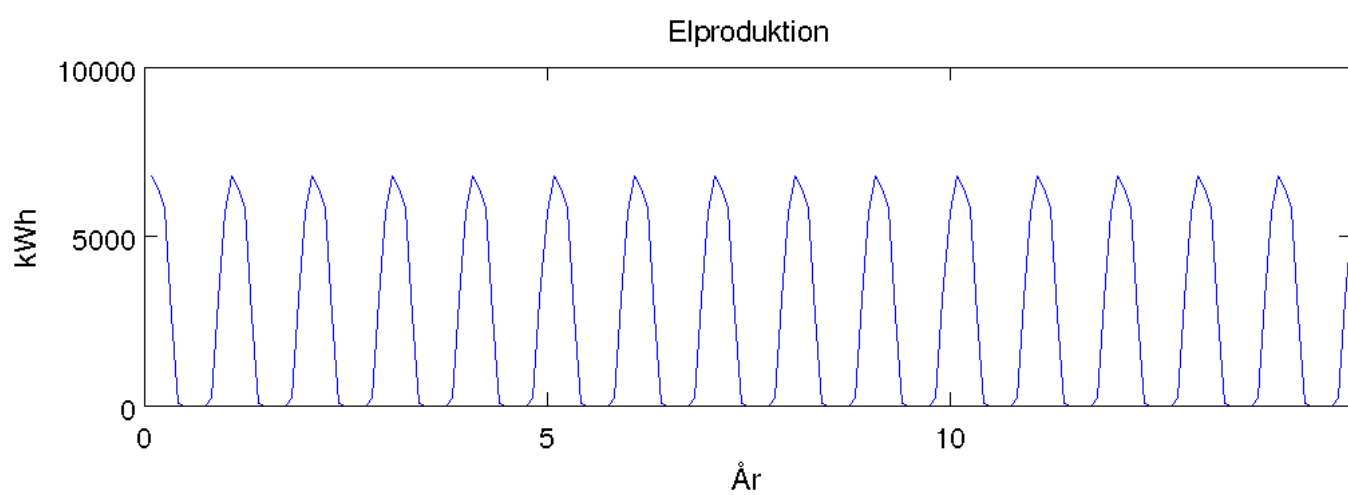
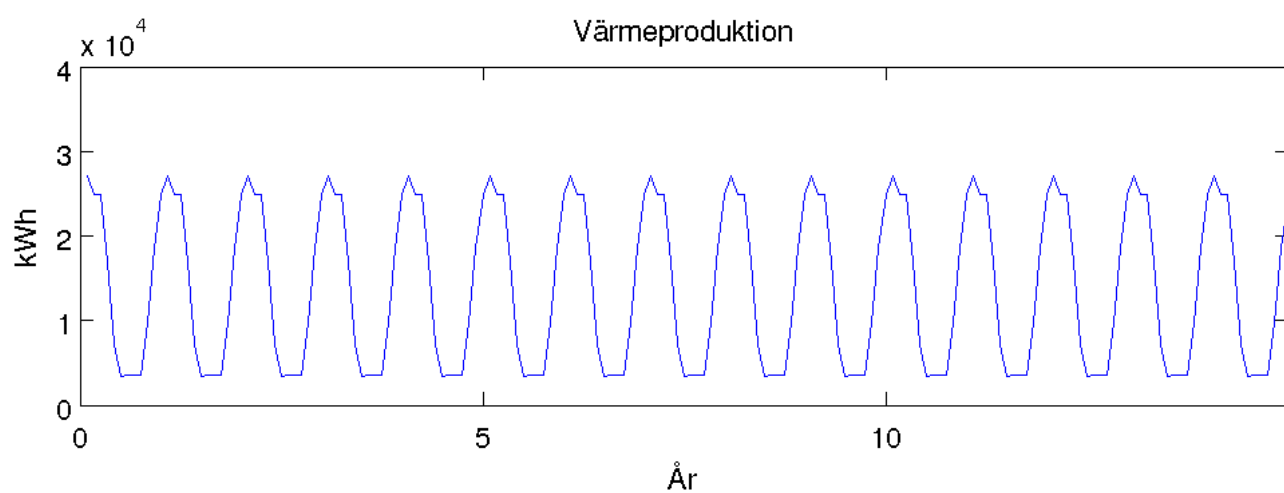
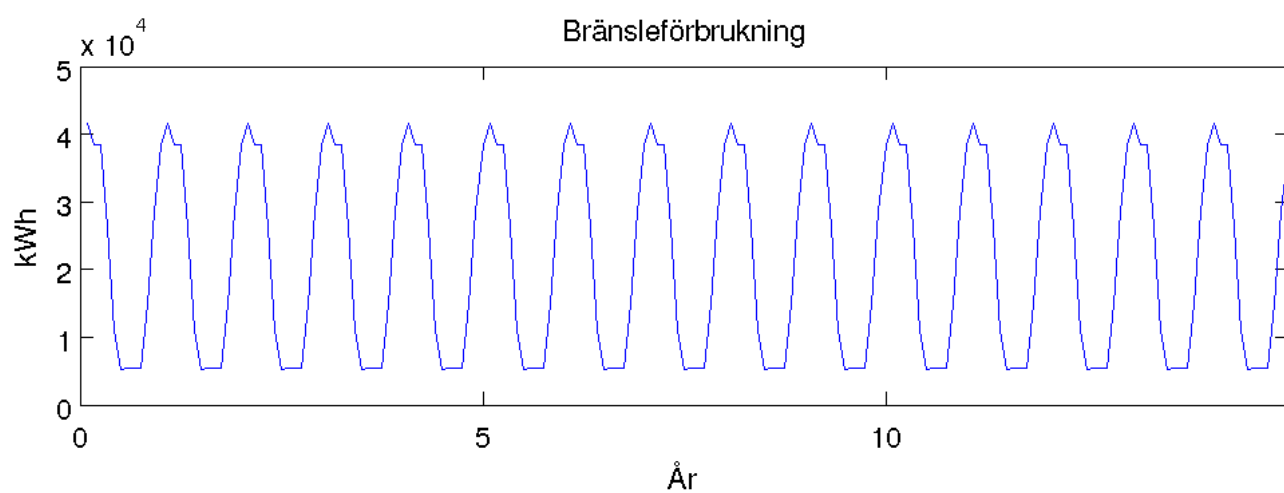
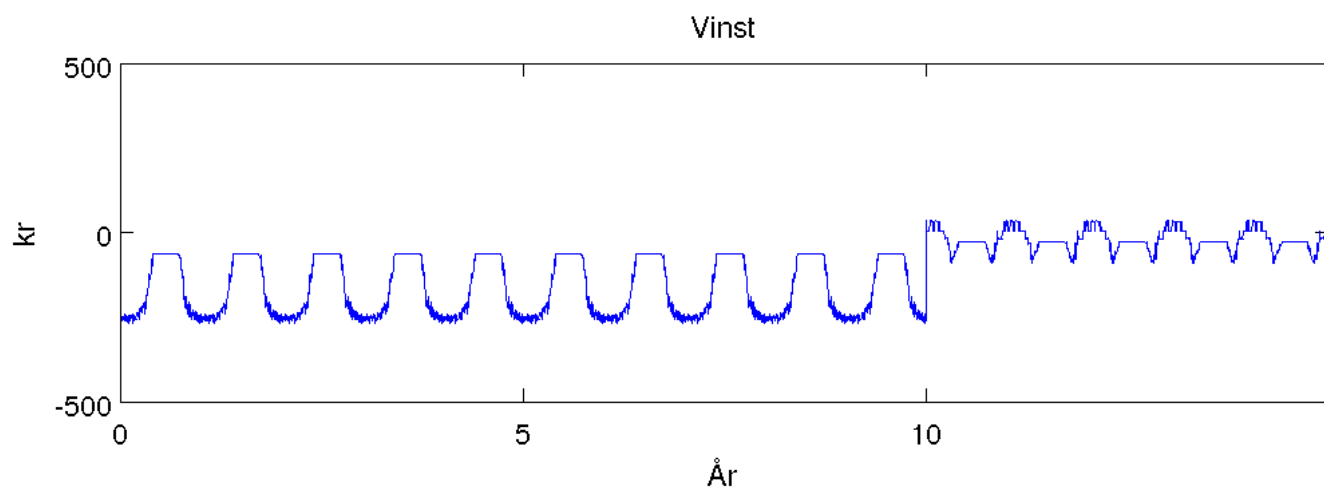
```
% Ackumulerad_Summa = -519118 kr ;
% Ackumulerad_bransleforbrukning = 3888749 kWh ;
% Ackumulerad_Nyttig_varme = 2527687 kWh ;
% Ackumulerad_bortkyld_varme = 0 kWh ;
% Ackumulerad_el = 461999 kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_bransleforbrukning = -0.13349 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_el = -1.1236 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_Nyttig_varme = -0.20537 kr/kWh ;
```

```
% I inga fall var den termiska effekten otillräcklig
```

```
sim_tid_ar = 15 ;
bygg_ar = 2011 ;
invest = 300000 ;
avbetalningstid = 10 ;
ranta = 0.0537 ;
invest_stod = 0 ;
el_pris = 1 ;
el_natnytta = 0 ;
pris_elcert = 0.25 ;
el_cert_hantering = 2000 ;
el_natavgift = 0 ;
varme_pris = 0 ;
kylkostnad = 0 ;
kyl_all = 0 ;
tappvatten_andel = 0.25 ;
balanstemp = 13 ;
max_term = 70 ;
energi_dygnsggrad = 70 ;
varmebehov_ar = 0 ;
branslekostnad = 0.15 ;
varmefil = 'Dygnsggrader_Falsterbo.xls' ;
kylenergi = 'bortkyld_varme_Falsterbo.xls' ;
verkningsgradvarme = 0.65 ;
verkningsgradel = 0.19 ;
verkningsgrad_verk_el = [ 0;0;0;0.1;0.3;0.6;0.7;0.8;0.9;1];
underh_el = 0.19 ;
underh_bransle = 0 ;
```

```
% Kommentar '' ;
```

Bilaga 5



20110125-10-24-52-conf.m

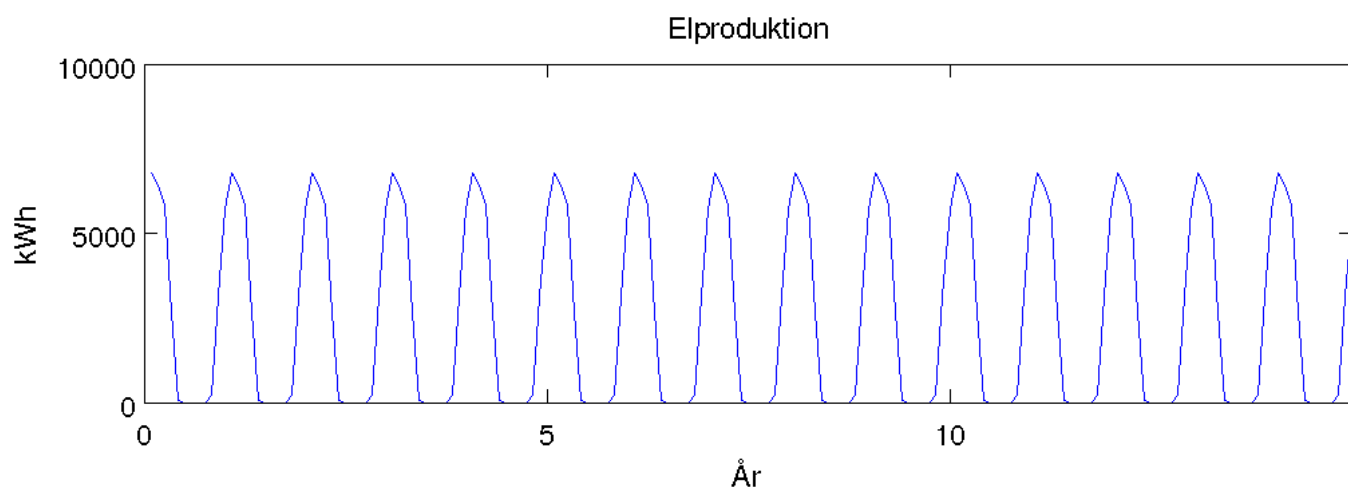
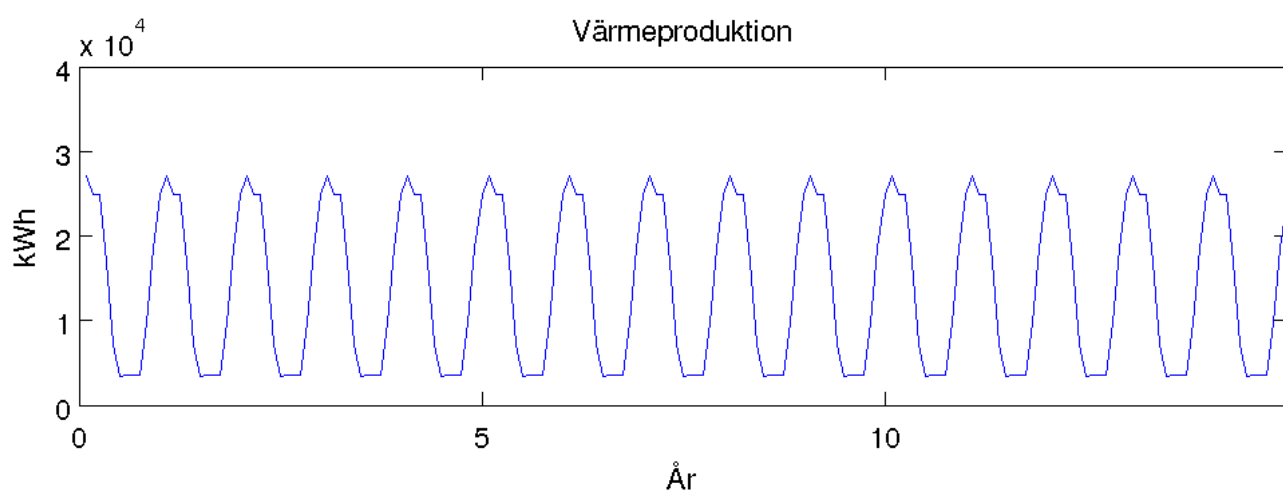
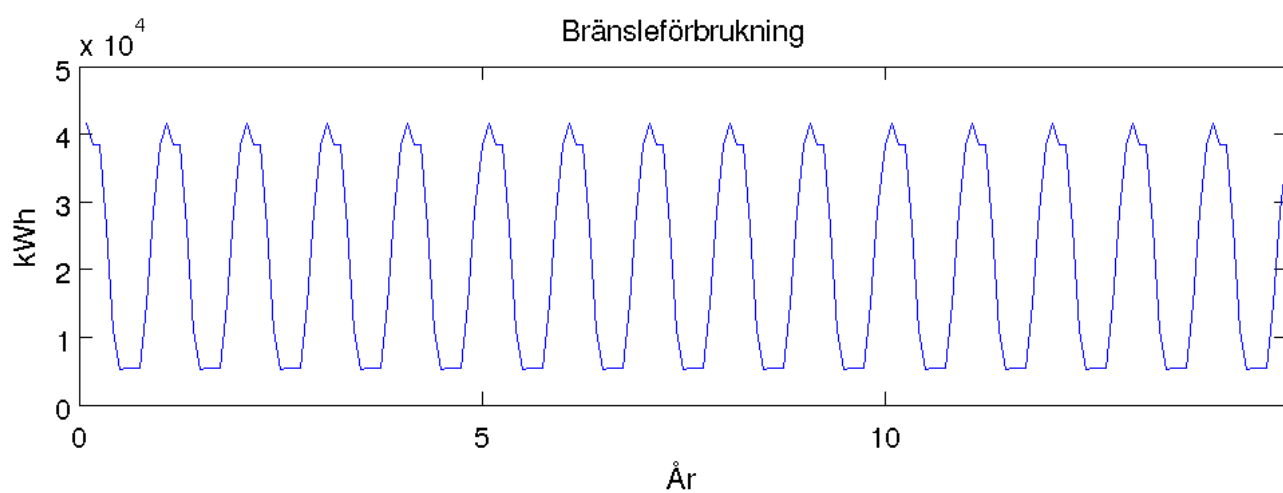
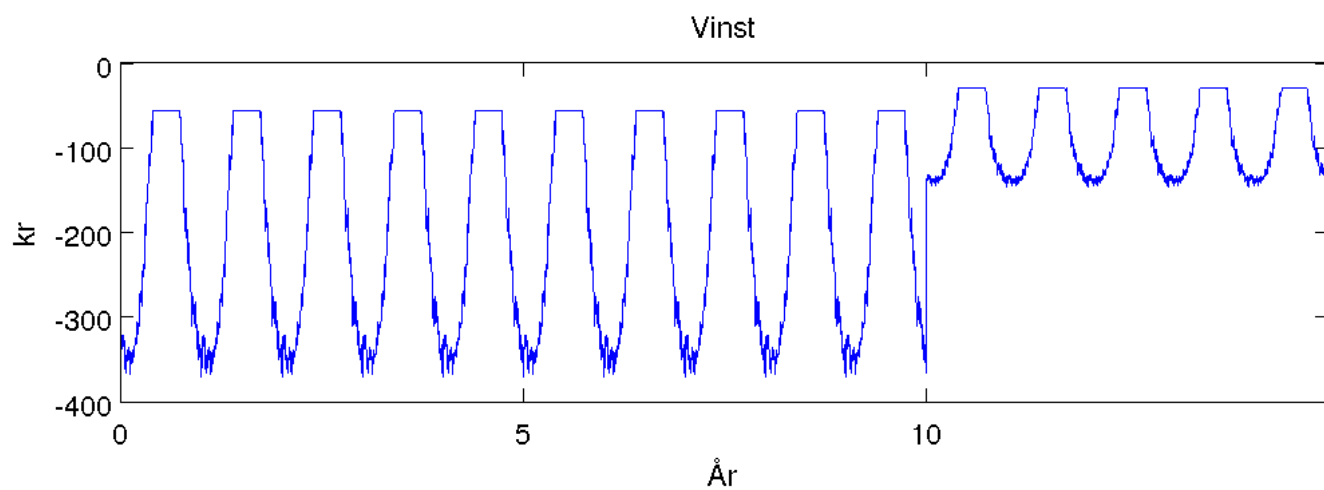
```
% Ackumulerad_Summa = -650960 kr ;
% Ackumulerad_bransleforbrukning = 3888749 kWh ;
% Ackumulerad_Nyttig_varme = 2527687 kWh ;
% Ackumulerad_bortkyld_varme = 0 kWh ;
% Ackumulerad_el = 461999 kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_bransleforbrukning = -0.1674 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_el = -1.409 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_Nyttig_varme = -0.25753 kr/kWh ;
```

```
% I inga fall var den termiska effekten otillräcklig
```

```
sim_tid_ar = 15 ;
bygg_ar = 2011 ;
invest = 400000 ;
avbetalningstid = 10 ;
ranta = 0.0537 ;
invest_stod = 0 ;
el_pris = 1 ;
el_natnytta = 0 ;
pris_elcert = 0.25 ;
el_cert_hantering = 2000 ;
el_natavgift = 0 ;
varme_pris = 0 ;
kylkostnad = 0 ;
kyl_all = 0 ;
tappvatten_andel = 0.25 ;
balanstemp = 13 ;
max_term = 70 ;
energi_dygnsggrad = 70 ;
varmebehov_ar = 0 ;
branslekostnad = 0.15 ;
varmefil = 'Dygnsggrader_Falsterbo.xls' ;
kylenergi = 'bortkyld_varme_Falsterbo.xls' ;
verkningsgradvarme = 0.65 ;
verkningsgradel = 0.19 ;
verkningsgrad_verk_el = [ 0;0;0;0.1;0.3;0.6;0.7;0.8;0.9;1];
underh_el = 0.19 ;
underh_bransle = 0 ;
```

```
% Kommentar '' ;
```

Bilaga 6



20110125-10-04-40-conf.m

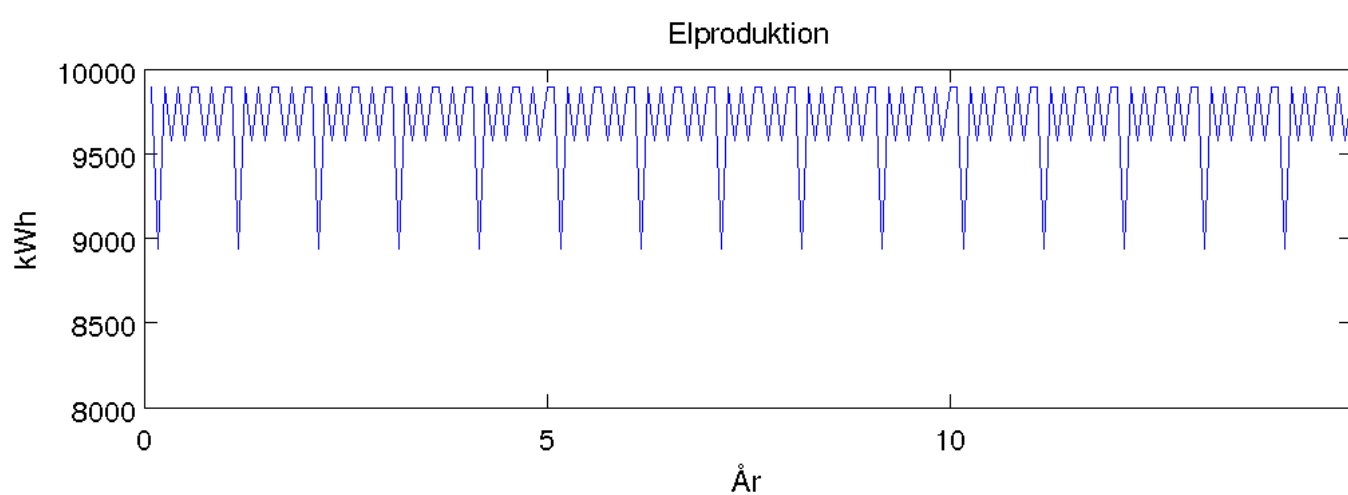
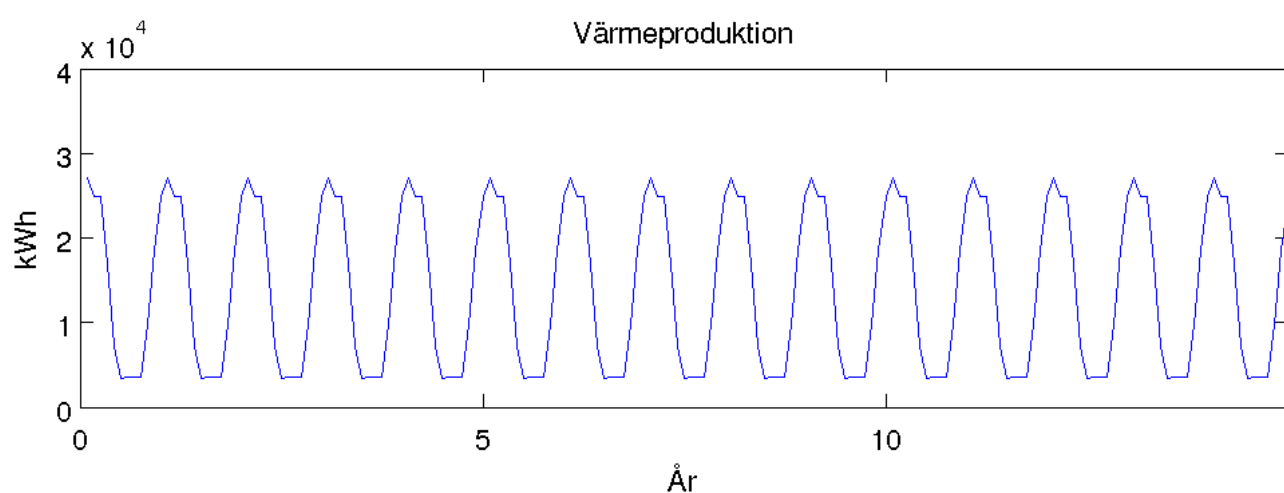
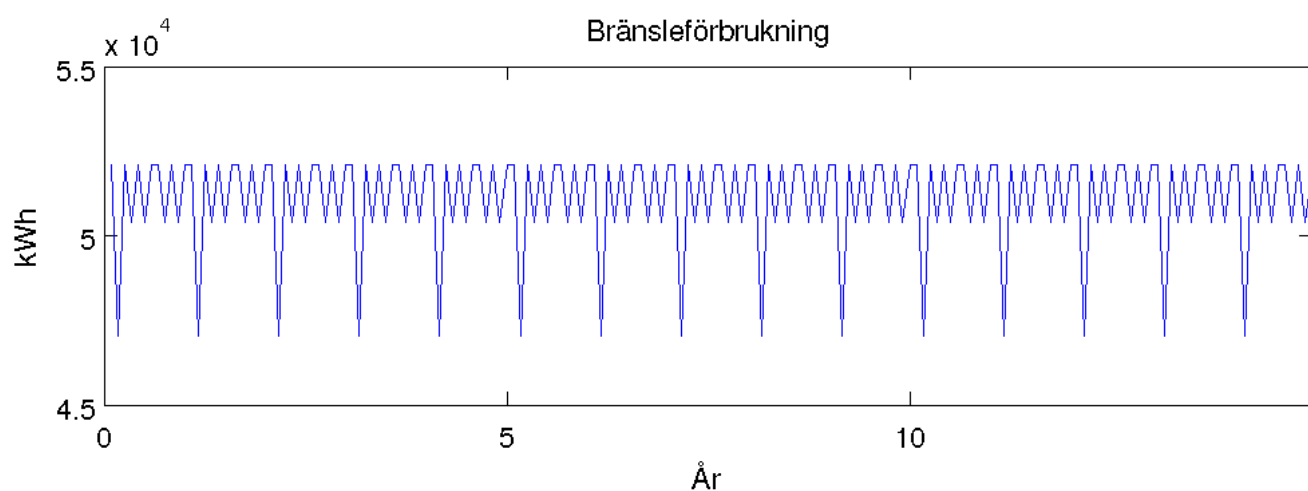
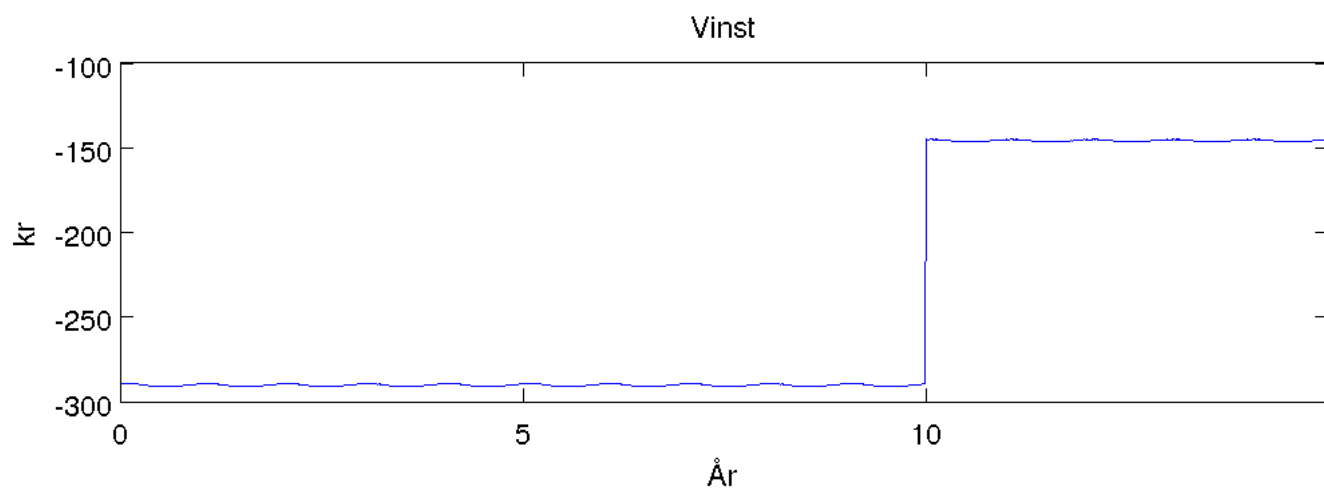
```
% Ackumulerad_Summa = -854518 kr ;
% Ackumulerad_bransleforbrukning = 3888749 kWh ;
% Ackumulerad_Nyttig_varme = 2527687 kWh ;
% Ackumulerad_bortkyld_varme = 0 kWh ;
% Ackumulerad_el = 461999 kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_bransleforbrukning = -0.21974 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_el = -1.8496 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_Nyttig_varme = -0.33806 kr/kWh ;
```

```
% I inga fall var den termiska effekten otillräcklig
```

```
sim_tid_ar = 15 ;
bygg_ar = 2011 ;
invest = 300000 ;
avbetalningstid = 10 ;
ranta = 0.0537 ;
invest_stod = 0 ;
el_pris = 0.3 ;
el_natnytta = 0 ;
pris_elcert = 0.25 ;
el_cert_hantering = 2000 ;
el_natavgift = 800 ;
varme_pris = 0 ;
kylkostnad = 0 ;
kyl_all = 0 ;
tappvatten_andel = 0.25 ;
balanstemp = 13 ;
max_term = 70 ;
energi_dygnsgrad = 70 ;
varmebehov_ar = 0 ;
branslekostnad = 0.15 ;
varmefil = 'Dygnsgrader_Falsterbo.xls' ;
kylenergi = 'bortkyld_varme_Falsterbo.xls' ;
verkningsgradvarme = 0.65 ;
verkningsgradel = 0.19 ;
verkningsgrad_verk_el = [ 0;0;0;0.1;0.3;0.6;0.7;0.8;0.9;1];
underh_el = 0.19 ;
underh_bransle = 0 ;
```

```
% Kommentar '' ;
```

Bilaga 7



20110125-10-30-26-conf.m

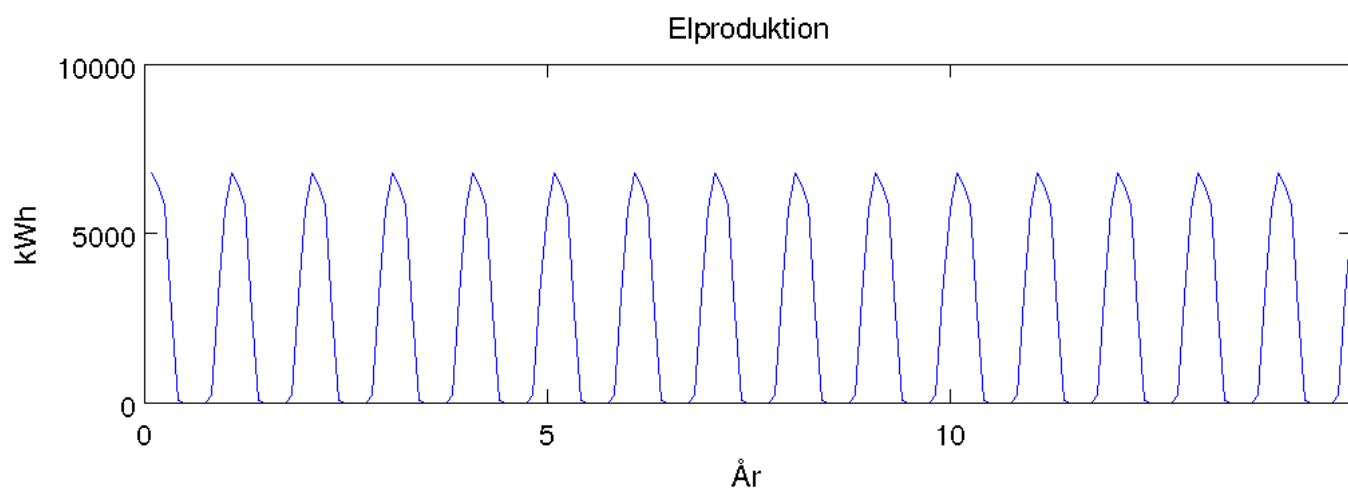
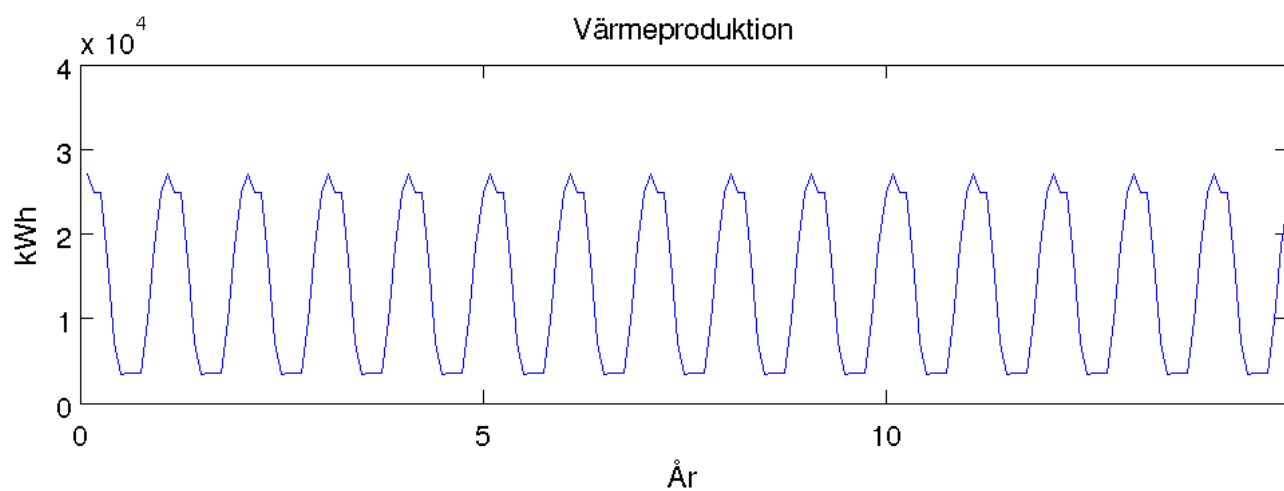
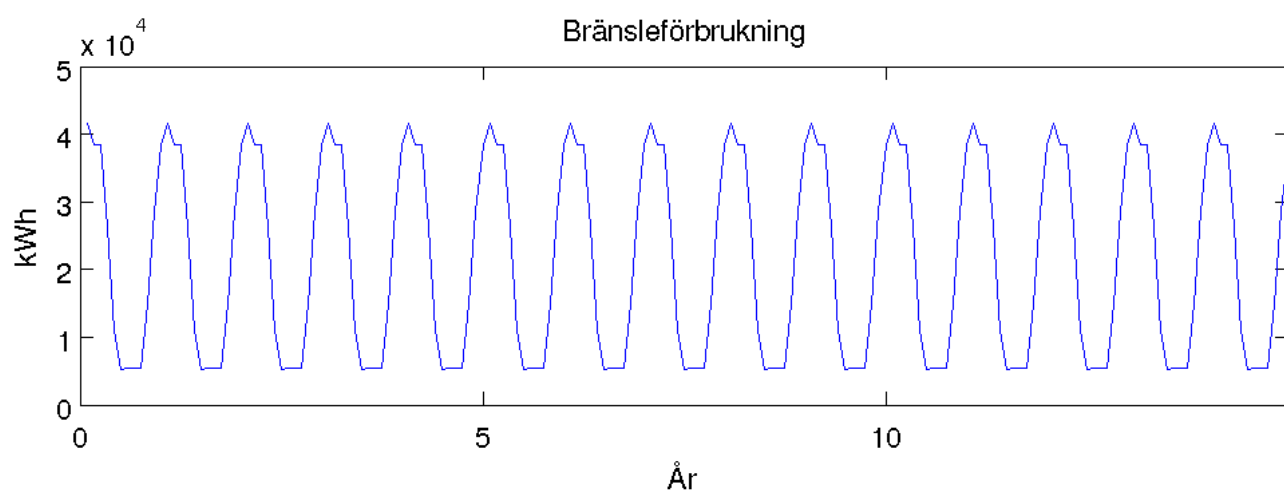
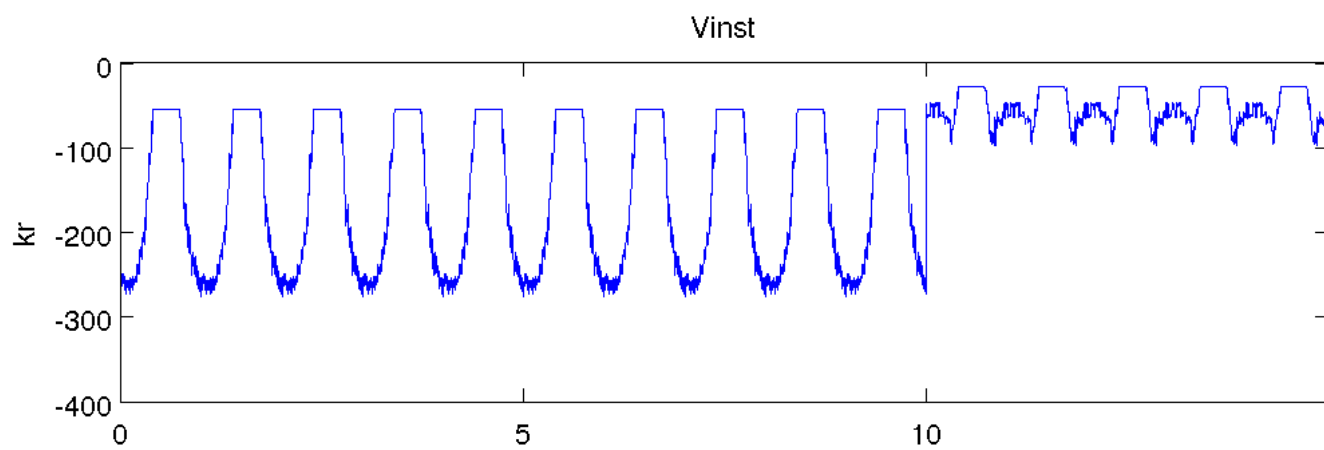
```
% Ackumulerad_Summa = -1325233 kr ;
% Ackumulerad_bransleforbrukning = 9198000 kWh ;
% Ackumulerad_Nyttig_varme = 2527687 kWh ;
% Ackumulerad_bortkyld_varme = 5309251 kWh ;
% Ackumulerad_el = 1747620 kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_bransleforbrukning = -0.14408 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_el = -0.75831 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_Nyttig_varme = -0.52429 kr/kWh ;
```

```
% I inga fall var den termiska effekten otillräcklig
```

```
sim_tid_ar = 15 ;
bygg_ar = 2011 ;
invest = 400000 ;
avbetalningstid = 10 ;
ranta = 0.0537 ;
invest_stod = 0 ;
el_pris = 0.3 ;
el_natnytta = 0 ;
pris_elcert = 0.25 ;
el_cert_hantering = 2000 ;
el_natavgift = 800 ;
varme_pris = 0 ;
kylkostnad = 0.001 ;
kyl_all = 1 ;
tappvatten_andel = 0.25 ;
balanstemp = 13 ;
max_term = 70 ;
energi_dygnsgrad = 70 ;
varmebehov_ar = 0 ;
branslekostnad = 0.15 ;
varmefil = 'Dygnsgrader_Falsterbo.xls' ;
kylenergi = 'bortkyld_varme_Falsterbo.xls' ;
verkningsgradvarme = 0.65 ;
verkningsgradel = 0.19 ;
verkningsgrad_verk_el = [ 0;0;0;0.1;0.3;0.6;0.7;0.8;0.9;1];
underh_el = 0.19 ;
underh_bransle = 0 ;
```

```
% Kommentar '' ;
```


Bilaga 8



20110125-11-14-46-conf.m

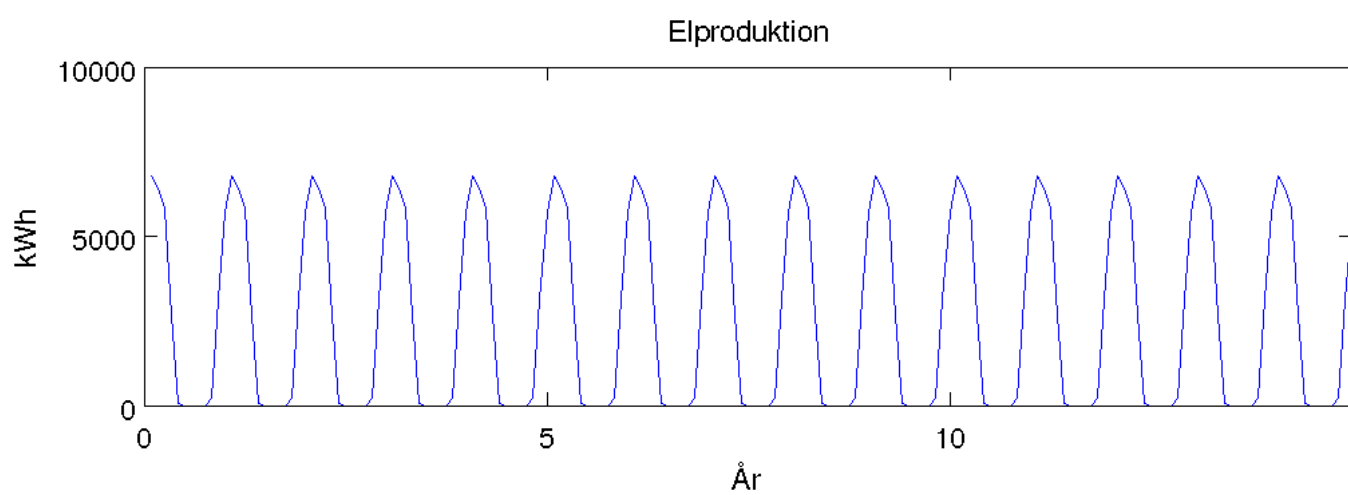
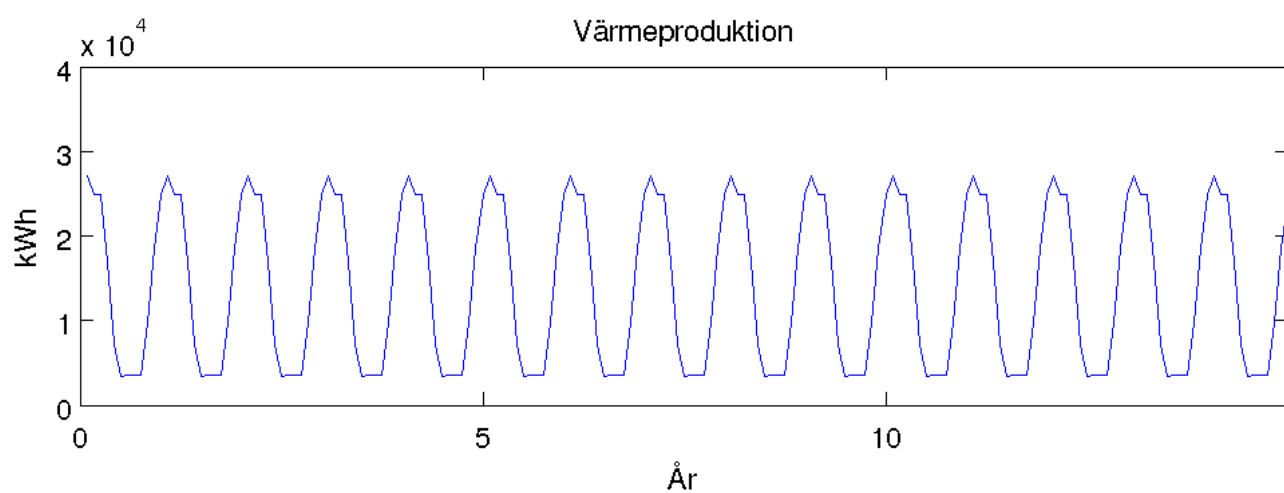
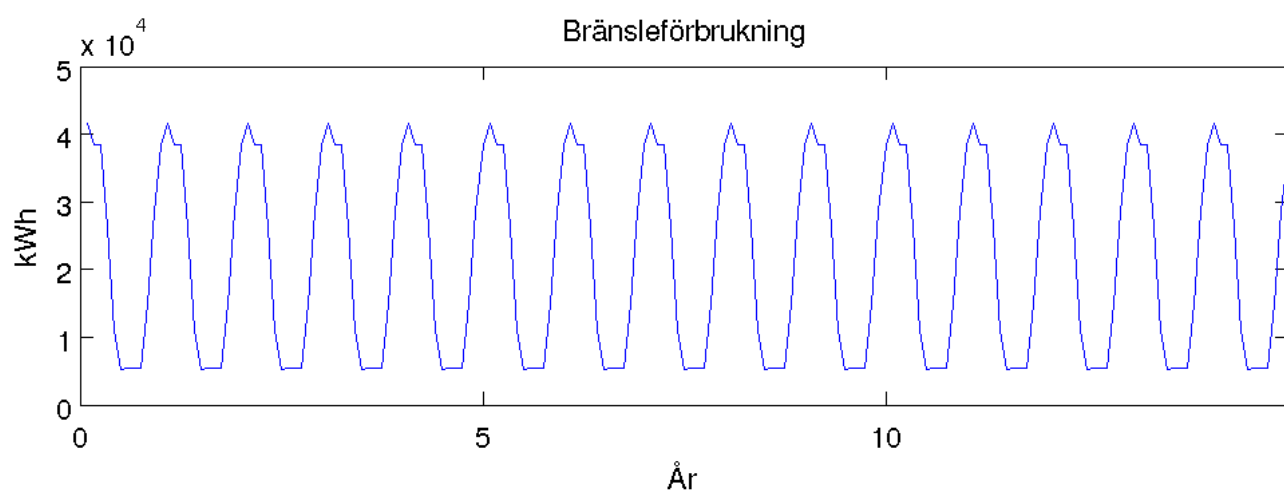
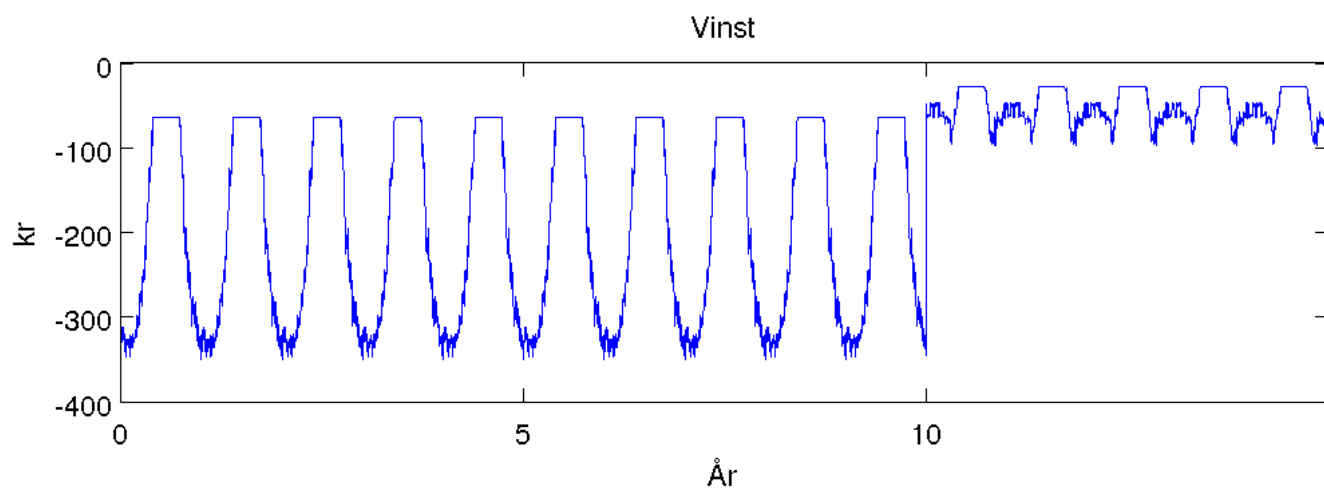
```
% Ackumulerad_Summa = -676660 kr ;
% Ackumulerad_bransleforbrukning = 3888749 kWh ;
% Ackumulerad_Nyttig_varme = 2527687 kWh ;
% Ackumulerad_bortkyld_varme = 0 kWh ;
% Ackumulerad_el = 461999 kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_bransleforbrukning = -0.174 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_el = -1.4646 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_Nyttig_varme = -0.2677 kr/kWh ;
```

```
% I inga fall var den termiska effekten otillräcklig
```

```
sim_tid_ar = 15 ;
bygg_ar = 2011 ;
invest = 300000 ;
avbetalningstid = 10 ;
ranta = 0.0537 ;
invest_stod = 0 ;
el_pris = 0.659 ;
el_natnytta = 0 ;
pris_elcert = 0.25 ;
el_cert_hantering = 2000 ;
el_natavgift = 0 ;
varme_pris = 0 ;
kylkostnad = 0 ;
kyl_all = 0 ;
tappvatten_andel = 0.25 ;
balanstemp = 13 ;
max_term = 70 ;
energi_dygnsgrad = 70 ;
varmebehov_ar = 0 ;
branslekostnad = 0.15 ;
varmefil = 'Dygnsgrader_Falsterbo.xls' ;
kylenergi = 'bortkyld_varme_Falsterbo.xls' ;
verkningsgradvarme = 0.65 ;
verkningsgradel = 0.19 ;
verkningsgrad_verk_el = [ 0;0;0;0.1;0.3;0.6;0.7;0.8;0.9;1];
underh_el = 0.19 ;
underh_bransle = 0 ;
```

```
% Kommentar '' ;
```

Bilaga 9



20110125-11-16-10-conf.m

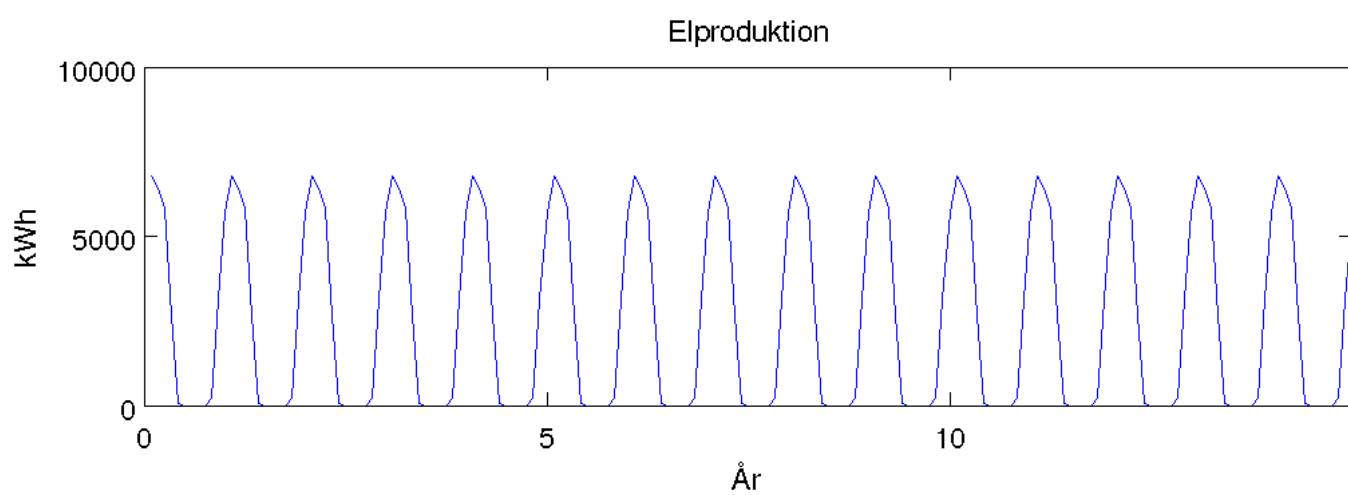
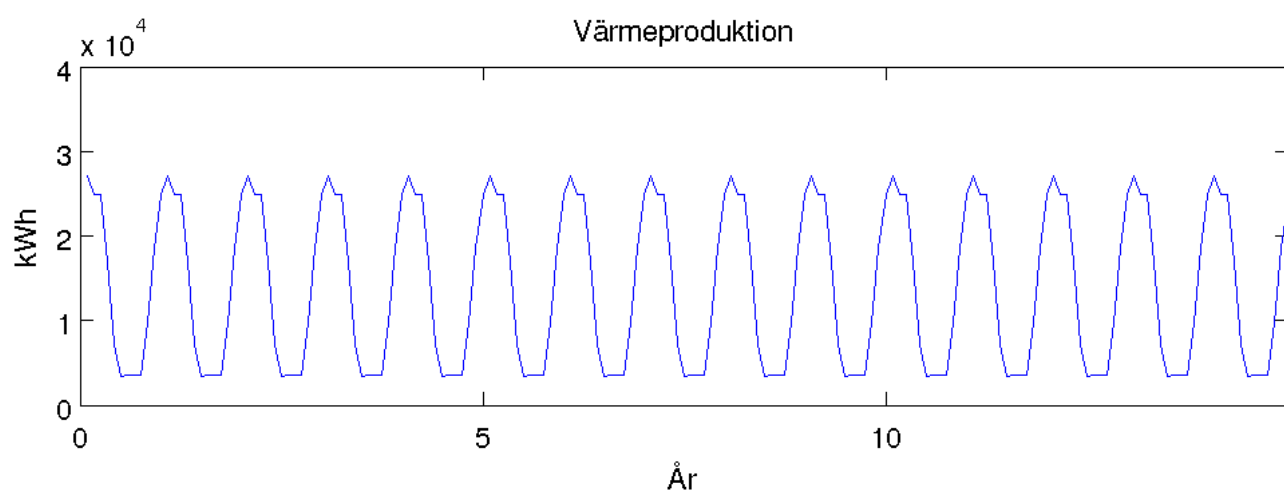
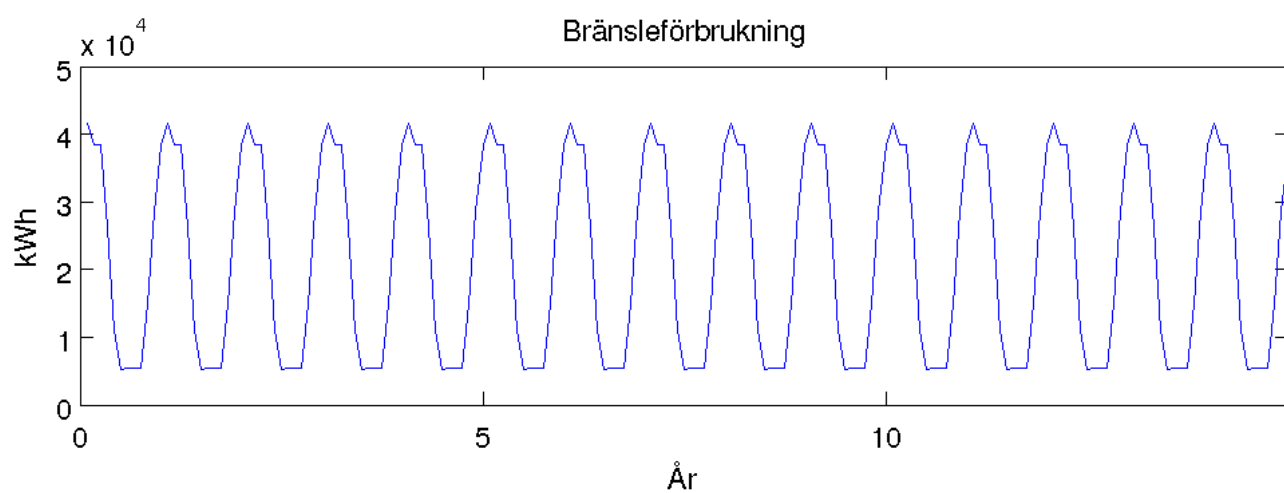
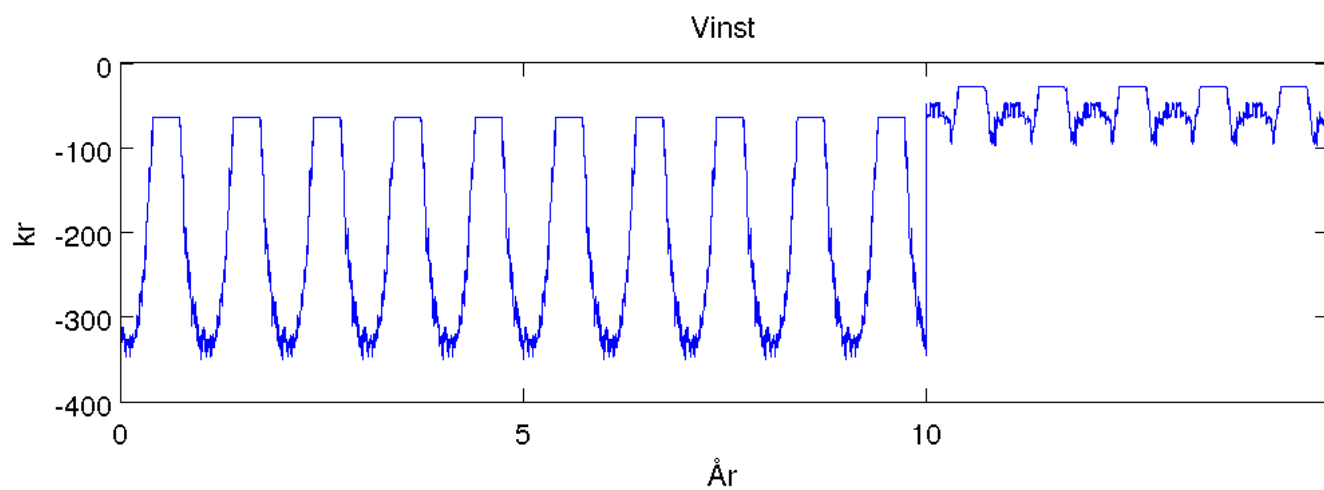
```
% Ackumulerad_Summa = -808502 kr ;
% Ackumulerad_bransleforbrukning = 3888749 kWh ;
% Ackumulerad_Nyttig_varme = 2527687 kWh ;
% Ackumulerad_bortkyld_varme = 0 kWh ;
% Ackumulerad_el = 461999 kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_bransleforbrukning = -0.20791 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_el = -1.75 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_Nyttig_varme = -0.31986 kr/kWh ;
```

```
% I inga fall var den termiska effekten otillräcklig
```

```
sim_tid_ar = 15 ;
bygg_ar = 2011 ;
invest = 400000 ;
avbetalningstid = 10 ;
ranta = 0.0537 ;
invest_stod = 0 ;
el_pris = 0.659 ;
el_natnytta = 0 ;
pris_elcert = 0.25 ;
el_cert_hantering = 2000 ;
el_natavgift = 0 ;
varme_pris = 0 ;
kylkostnad = 0 ;
kyl_all = 0 ;
tappvatten_andel = 0.25 ;
balanstemp = 13 ;
max_term = 70 ;
energi_dygnsgrad = 70 ;
varmebehov_ar = 0 ;
branslekostnad = 0.15 ;
varmefil = 'Dygnsgrader_Falsterbo.xls' ;
kylenergi = 'bortkyld_varme_Falsterbo.xls' ;
verkningsgradvarme = 0.65 ;
verkningsgradel = 0.19 ;
verkningsgrad_verk_el = [ 0;0;0;0.1;0.3;0.6;0.7;0.8;0.9;1];
underh_el = 0.19 ;
underh_bransle = 0 ;
```

```
% Kommentar '' ;
```

Bilaga 10



20110125-11-16-10-conf.m

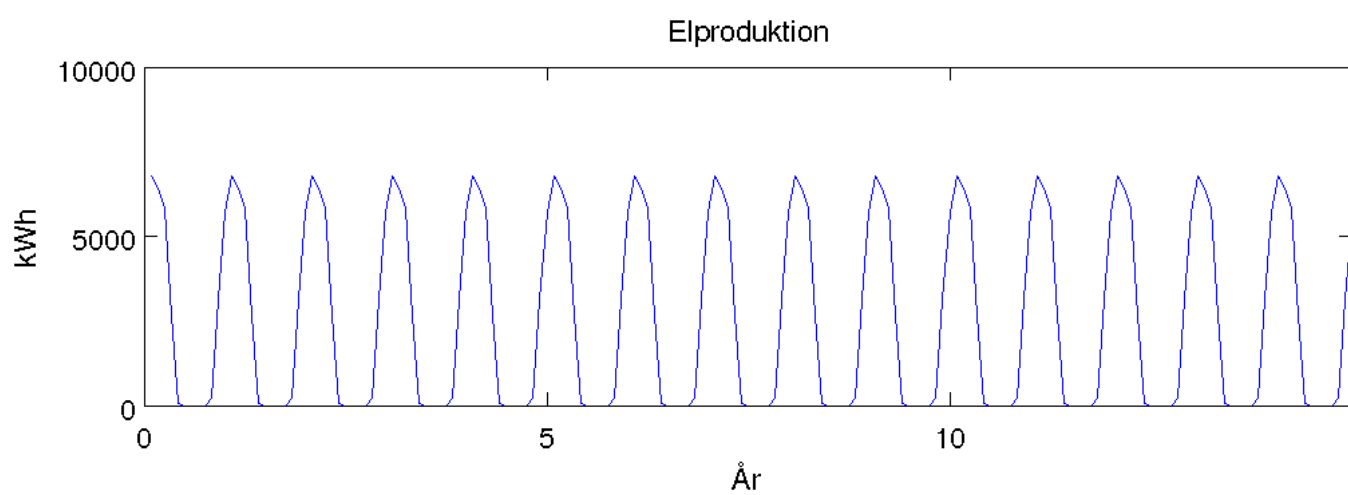
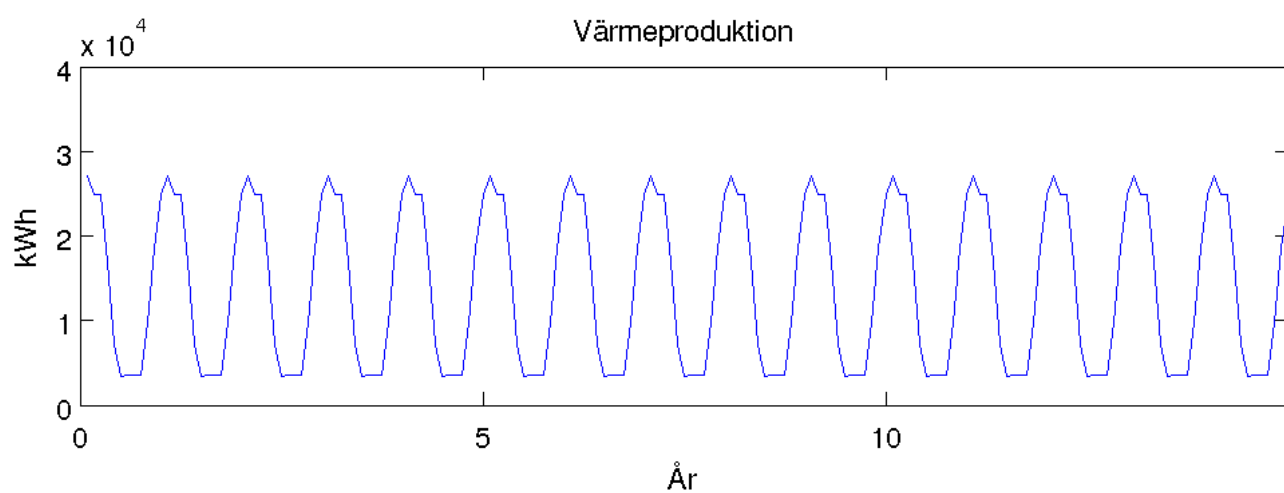
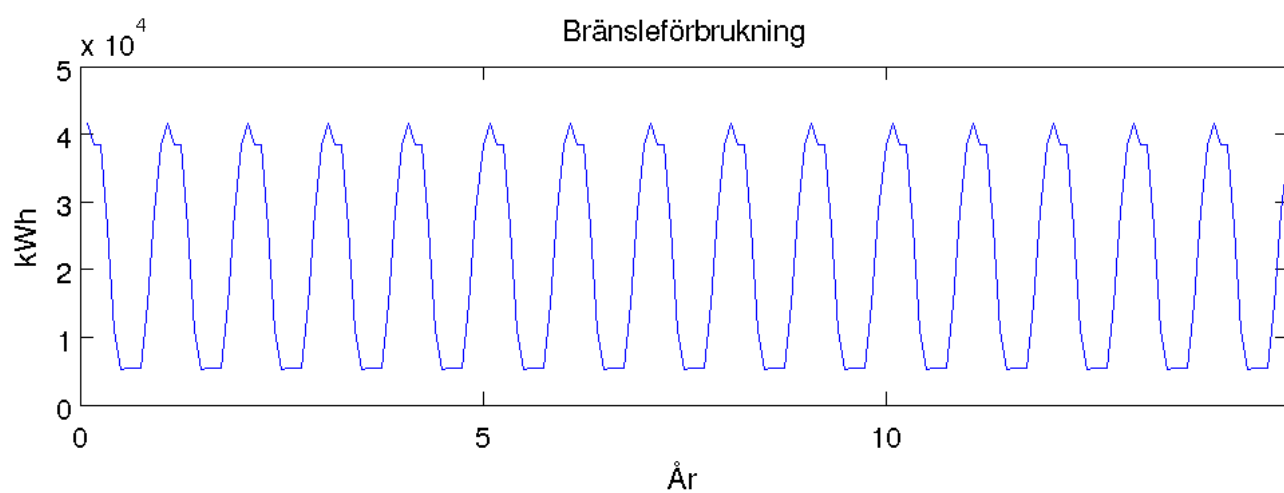
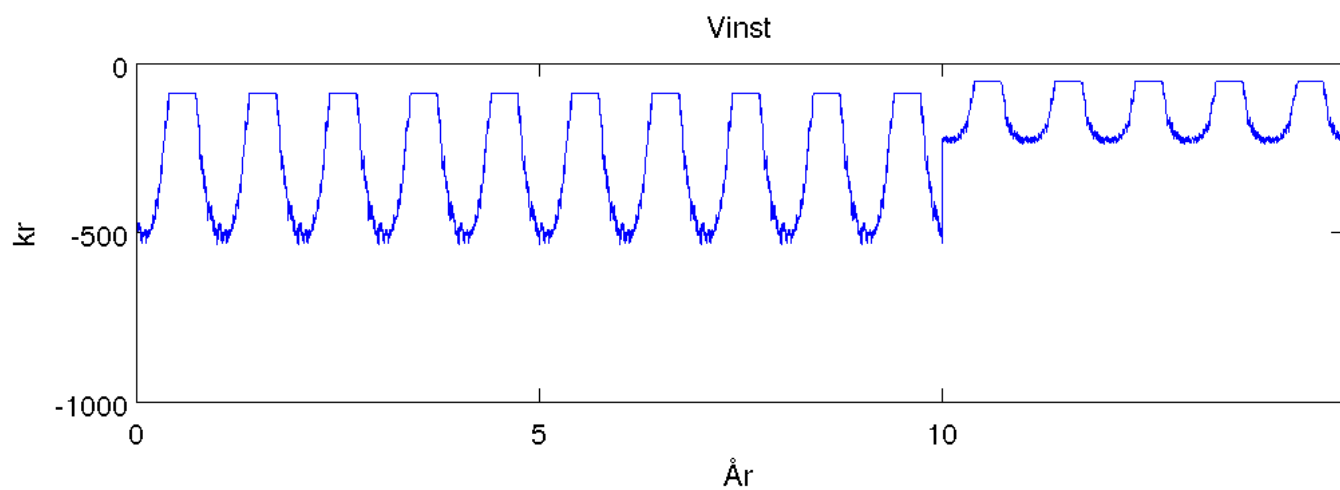
```
% Ackumulerad_Summa = -808502 kr ;
% Ackumulerad_bransleforbrukning = 3888749 kWh ;
% Ackumulerad_Nyttig_varme = 2527687 kWh ;
% Ackumulerad_bortkyld_varme = 0 kWh ;
% Ackumulerad_el = 461999 kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_bransleforbrukning = -0.20791 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_el = -1.75 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_Nyttig_varme = -0.31986 kr/kWh ;
```

```
% I inga fall var den termiska effekten otillräcklig
```

```
sim_tid_ar = 15 ;
bygg_ar = 2011 ;
invest = 400000 ;
avbetalningstid = 10 ;
ranta = 0.0537 ;
invest_stod = 0 ;
el_pris = 0.659 ;
el_natnytta = 0 ;
pris_elcert = 0.25 ;
el_cert_hantering = 2000 ;
el_natavgift = 0 ;
varme_pris = 0 ;
kylkostnad = 0 ;
kyl_all = 0 ;
tappvatten_andel = 0.25 ;
balanstemp = 13 ;
max_term = 70 ;
energi_dygnsgrad = 70 ;
varmebehov_ar = 0 ;
branslekostnad = 0.15 ;
varmefil = 'Dygnsgrader_Falsterbo.xls' ;
kylenergi = 'bortkyld_varme_Falsterbo.xls' ;
verkningsgradvarme = 0.65 ;
verkningsgradel = 0.19 ;
verkningsgrad_verk_el = [ 0;0;0;0.1;0.3;0.6;0.7;0.8;0.9;1];
underh_el = 0.19 ;
underh_bransle = 0 ;
```

```
% Kommentar '' ;
```

Bilaga 11



20110531-00-54-30-conf.m

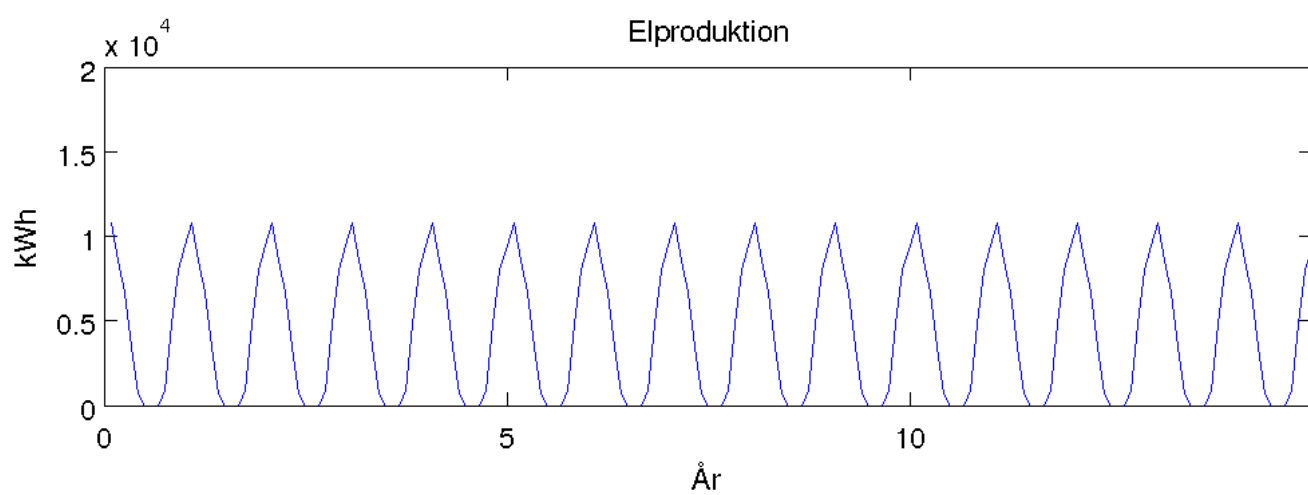
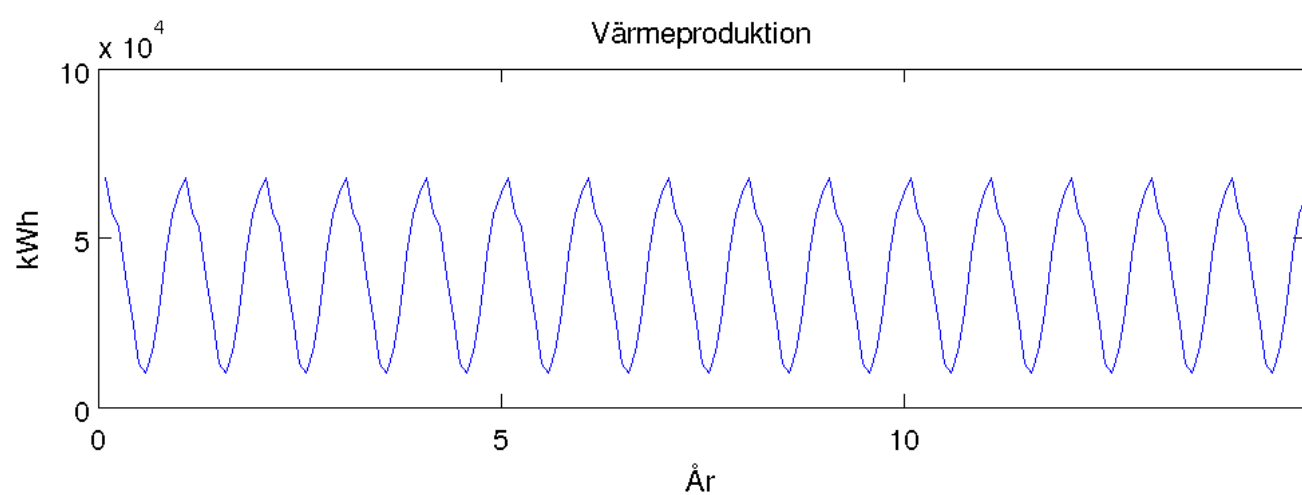
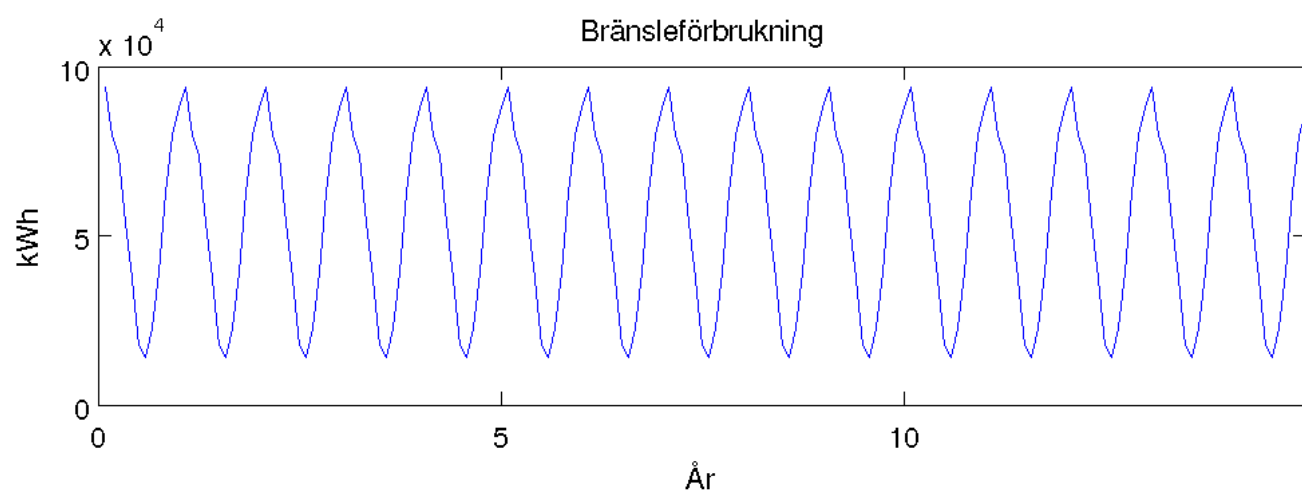
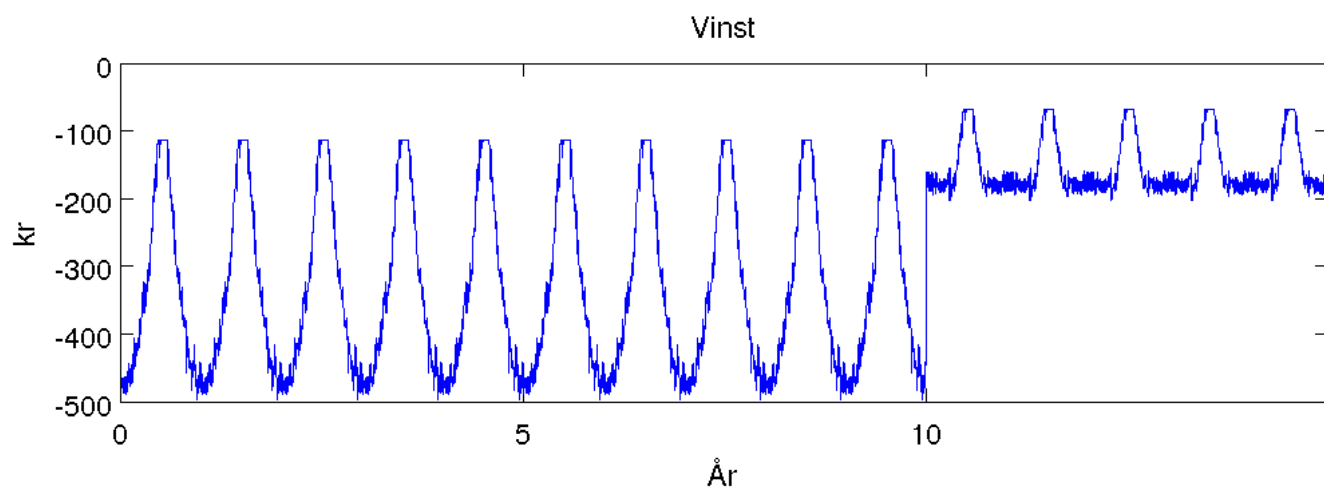
```
% Ackumulerad_Summa = -1319772 kr ;
% Ackumulerad_bransleforbrukning = 3888749 kWh ;
% Ackumulerad_Nyttig_varme = 2527687 kWh ;
% Ackumulerad_bortkyld_varme = 0 kWh ;
% Ackumulerad_el = 461999 kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_bransleforbrukning = -0.33938 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_el = -2.8567 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_Nyttig_varme = -0.52213 kr/kWh ;
```

```
% I inga fall var den termiska effekten otillräcklig
```

```
sim_tid_ar = 15 ;
bygg_ar = 2011 ;
invest = 400000 ;
avbetalningstid = 10 ;
ranta = 0.0537 ;
invest_stod = 0 ;
el_pris = 1 ;
el_natnytta = 0 ;
pris_elcert = 0.25 ;
el_cert_hantering = 0 ;
el_natavgift = 0 ;
varme_pris = 0 ;
kylkostnad = 0 ;
kyl_all = 0 ;
tappvatten_andel = 0.25 ;
balanstemp = 13 ;
max_term = 70 ;
energi_dygnsggrad = 70 ;
varmebehov_ar = 0 ;
branslekostnad = 0.3 ;
varmefil = 'Dygnsggrader_Falsterbo.xls' ;
kylenergi = 'noll.xls' ;
verkningsgradvarme = 0.65 ;
verkningsgradel = 0.19 ;
verkningsgrad_verk_el = [ 0;0;0;0.1;0.3;0.6;0.7;0.8;0.9;1];
underh_el = 0.19 ;
underh_bransle = 0 ;
```

```
% Kommentar '' ;
```

Bilaga 12



20110531-11-10-23-conf.m

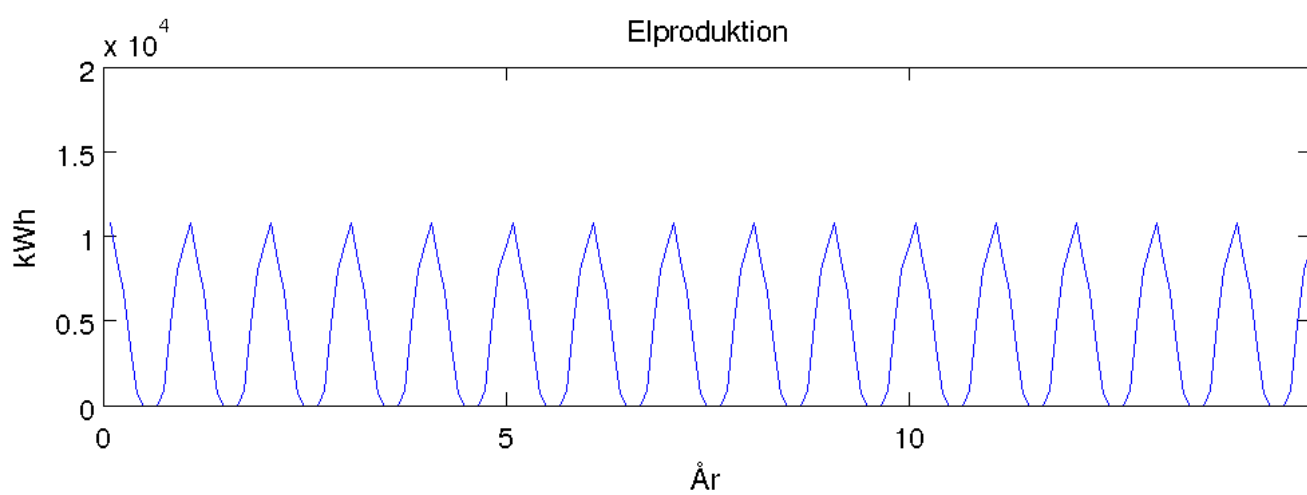
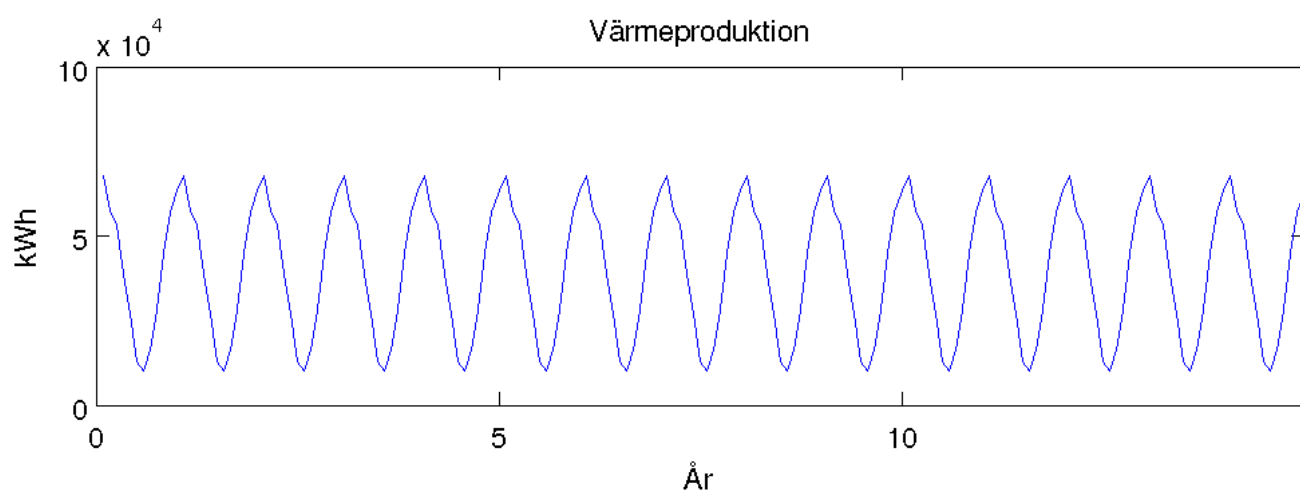
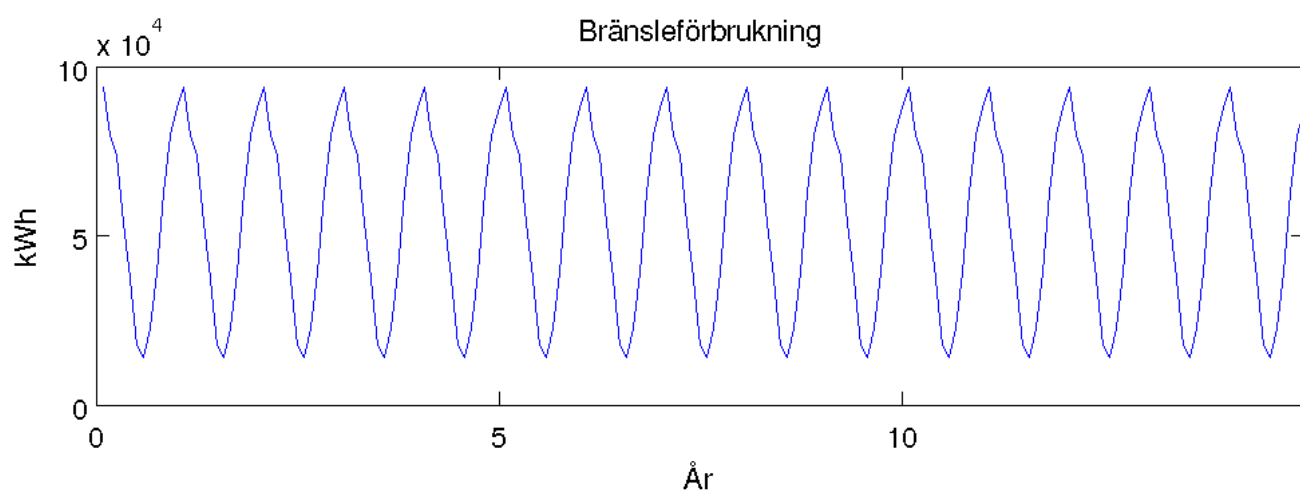
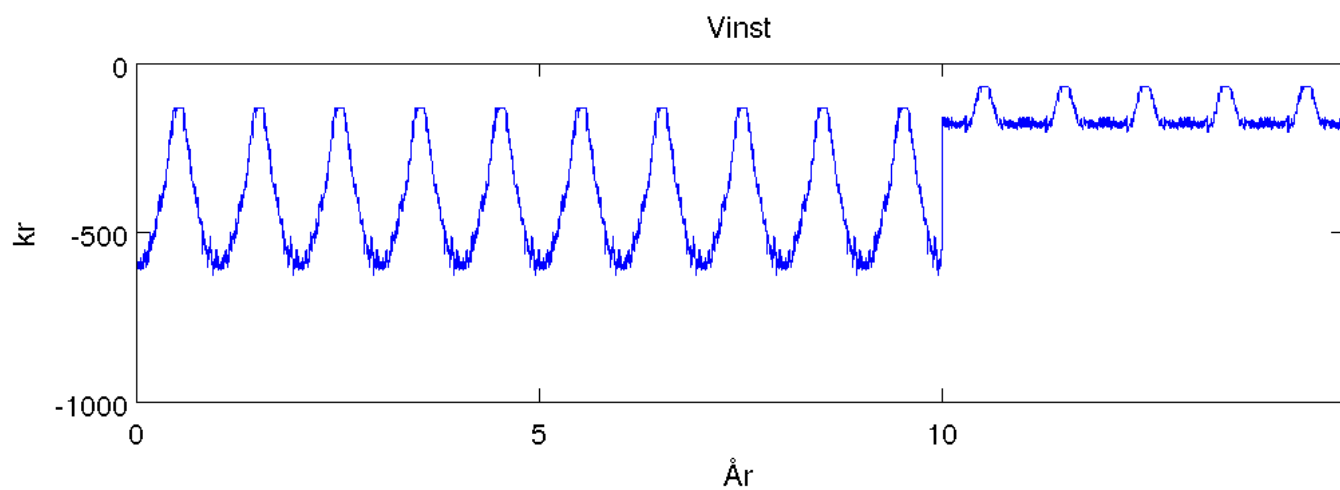
```
% Ackumulerad_Summa = -1502579 kr ;
% Ackumulerad_bransleforbrukning = 9945435 kWh ;
% Ackumulerad_Nyttig_varme = 7160713 kWh ;
% Ackumulerad_bortkyld_varme = 0 kWh ;
% Ackumulerad_el = 800549 kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_bransleforbrukning = -0.15108 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_el = -1.8769 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_Nyttig_varme = -0.20984 kr/kWh ;
```

```
% I inga fall var den termiska effekten otillräcklig
```

```
sim_tid_ar = 15 ;
bygg_ar = 2011 ;
invest = 500000 ;
avbetalningstid = 10 ;
ranta = 0.0537 ;
invest_stod = 0 ;
el_pris = 1 ;
el_natnytta = 0 ;
pris_elcert = 0.25 ;
el_cert_hantering = 0 ;
el_natavgift = 0 ;
varme_pris = 0 ;
kylkostnad = 0 ;
kyl_all = 0 ;
tappvatten_andel = 0.25 ;
balanstemp = 13 ;
max_term = 140 ;
energi_dygnsgrad = 70 ;
varmebehov_ar = 0 ;
branslekostnad = 0.15 ;
varmefil = 'Dygnsgrader_karesuando.xls' ;
kylenergi = 'noll.xls' ;
verkningsgradvarme = 0.84-0.12 ;
verkningsgradel = 0.12 ;
verkningsgrad_verk_el = [ 0;0;0;0.1;0.3;0.6;0.7;0.8;0.9;1];
underh_el = 0.19 ;
underh_bransle = 0 ;
```

```
% Kommentar '' ;
```

Bilaga 13



20110531-11-08-59-conf.m

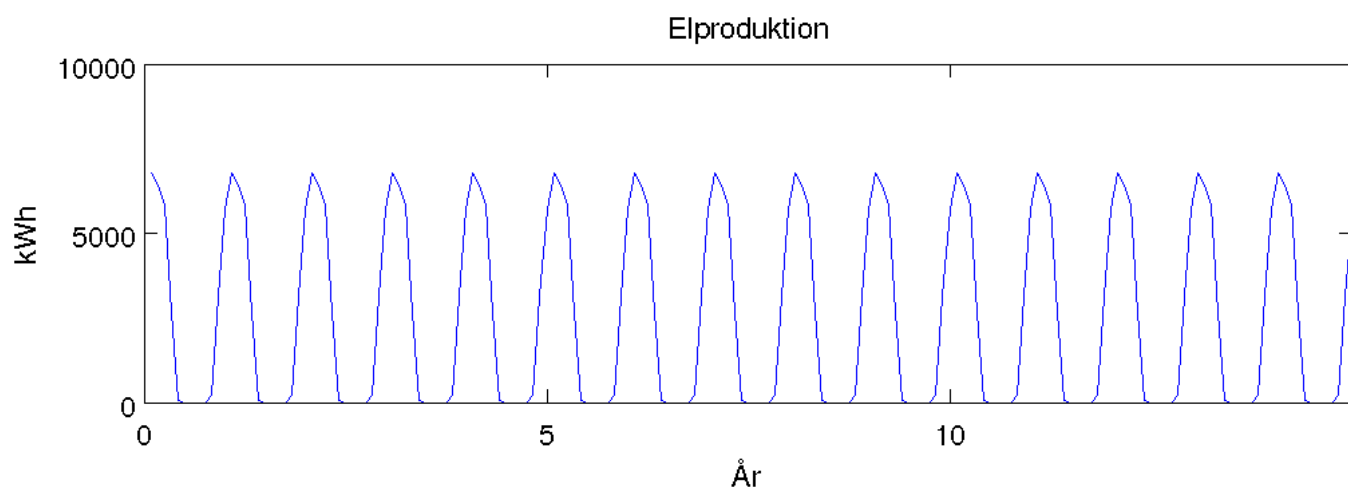
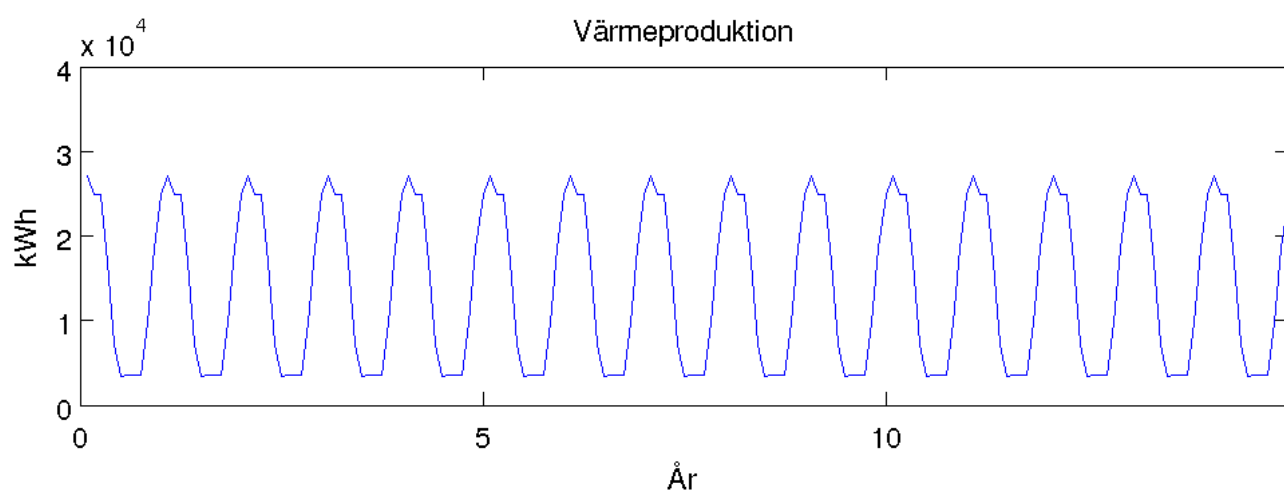
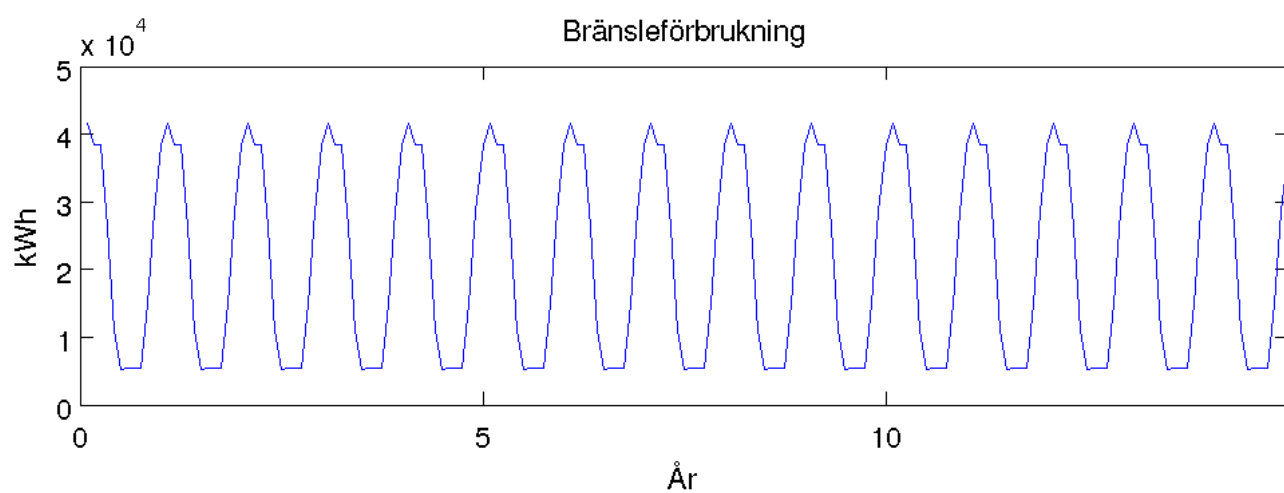
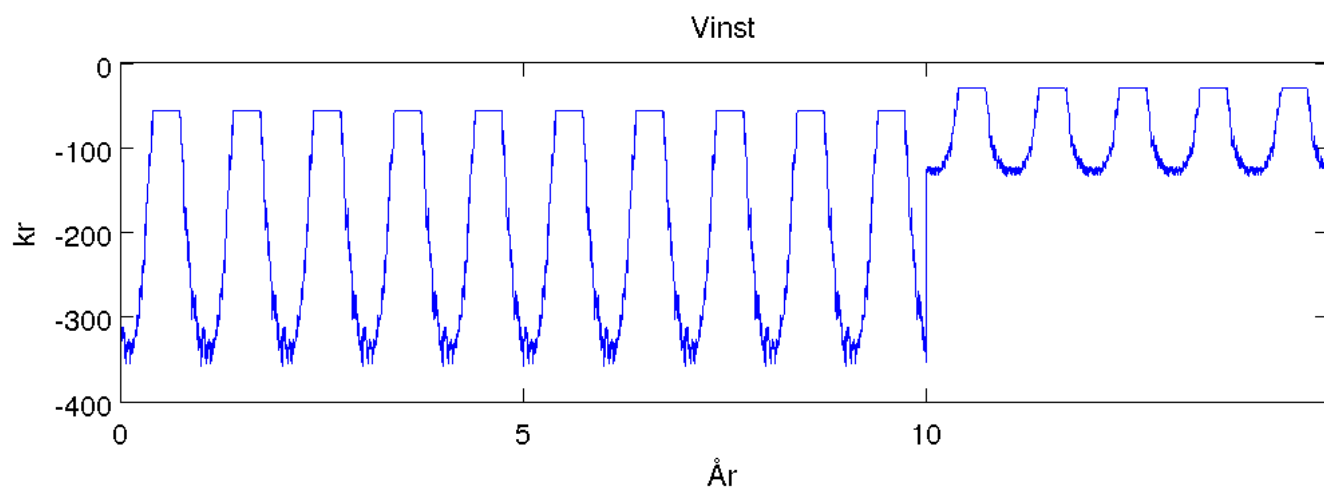
```
% Ackumulerad_Summa = -1766263 kr ;
% Ackumulerad_bransleforbrukning = 9945435 kWh ;
% Ackumulerad_Nyttig_varme = 7160713 kWh ;
% Ackumulerad_bortkyld_varme = 0 kWh ;
% Ackumulerad_el = 800549 kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_bransleforbrukning = -0.1776 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_el = -2.2063 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_Nyttig_varme = -0.24666 kr/kWh ;
```

```
% I inga fall var den termiska effekten otillräcklig
```

```
sim_tid_ar = 15 ;
bygg_ar = 2011 ;
invest = 700000 ;
avbetalningstid = 10 ;
ranta = 0.0537 ;
invest_stod = 0 ;
el_pris = 1 ;
el_natnytta = 0 ;
pris_elcert = 0.25 ;
el_cert_hantering = 0 ;
el_natavgift = 0 ;
varme_pris = 0 ;
kylkostnad = 0 ;
kyl_all = 0 ;
tappvatten_andel = 0.25 ;
balanstemp = 13 ;
max_term = 140 ;
energi_dygnsggrad = 70 ;
varmebehov_ar = 0 ;
branslekostnad = 0.15 ;
varmefil = 'Dygnsggrader_karesuando.xls' ;
kylenergi = 'noll.xls' ;
verkningsgradvarme = 0.84-0.12 ;
verkningsgradel = 0.12 ;
verkningsgrad_verk_el = [ 0;0;0;0.1;0.3;0.6;0.7;0.8;0.9;1];
underh_el = 0.19 ;
underh_bransle = 0 ;
```

```
% Kommentar '' ;
```

Bilaga 14



20110531-15-52-29-conf.m

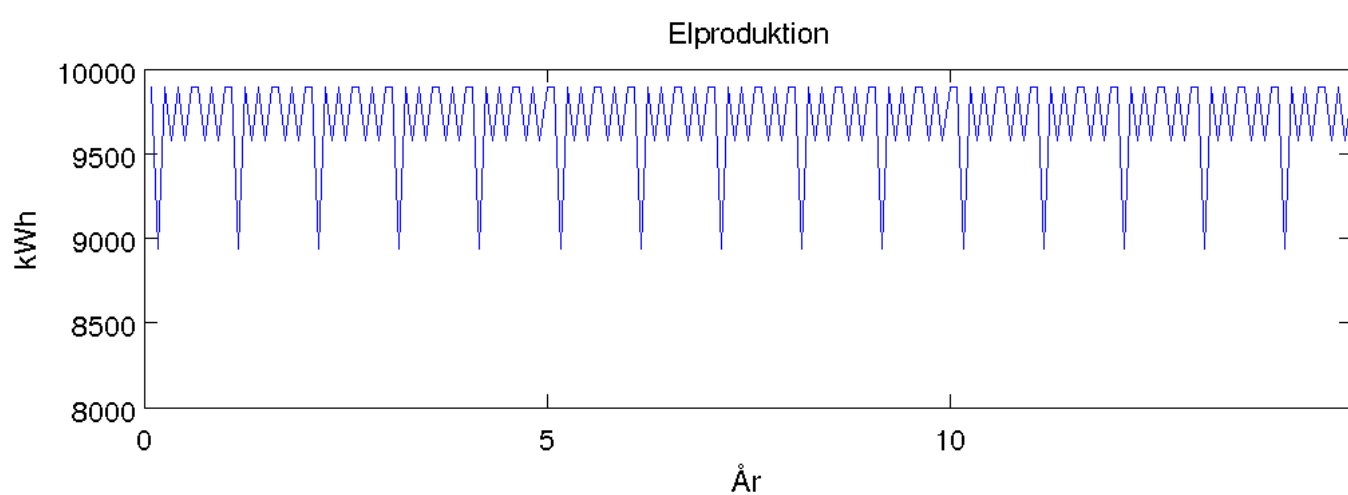
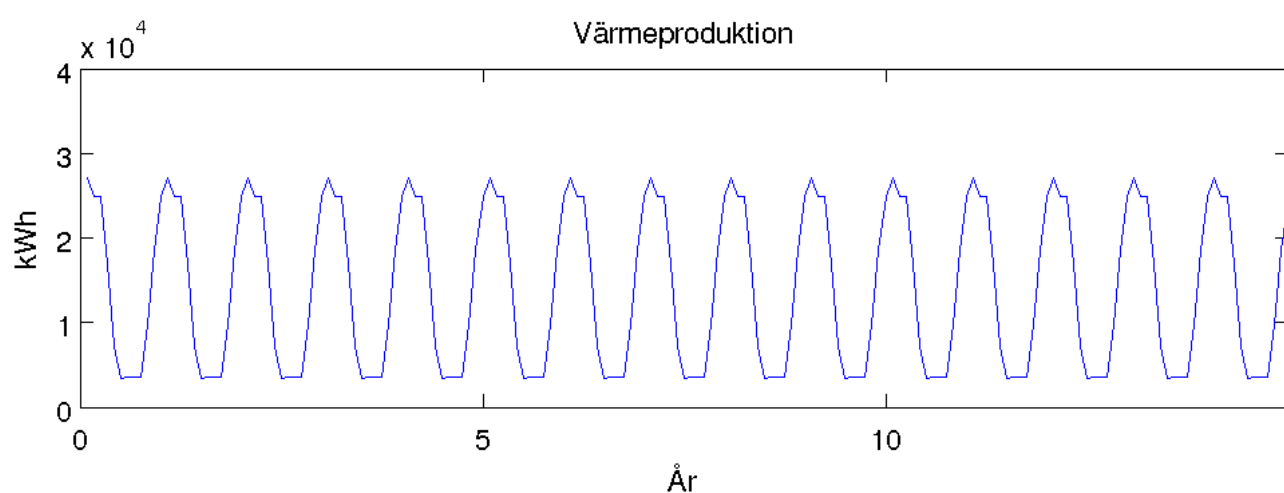
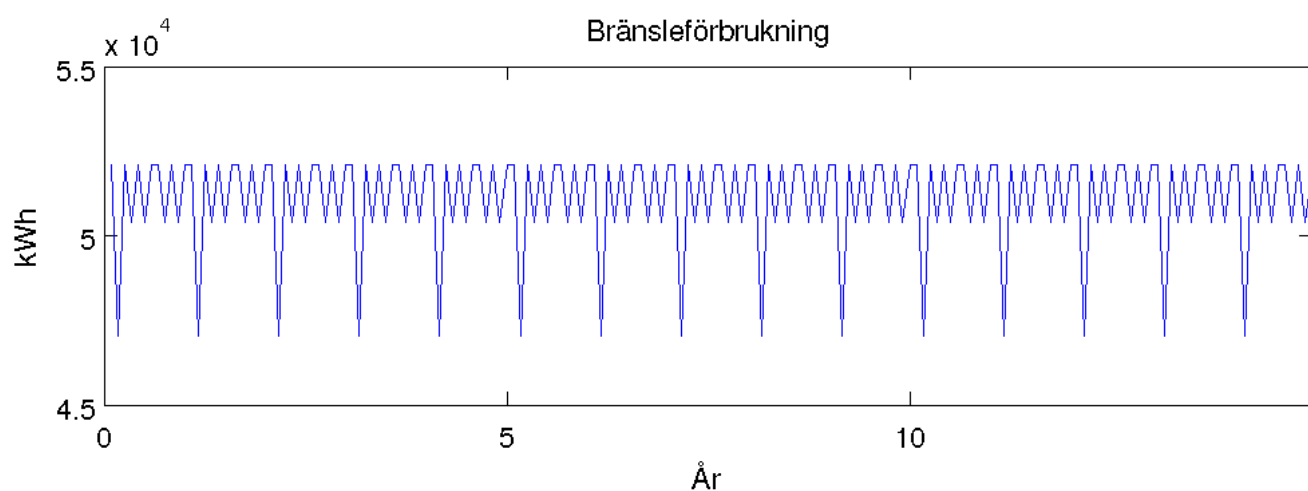
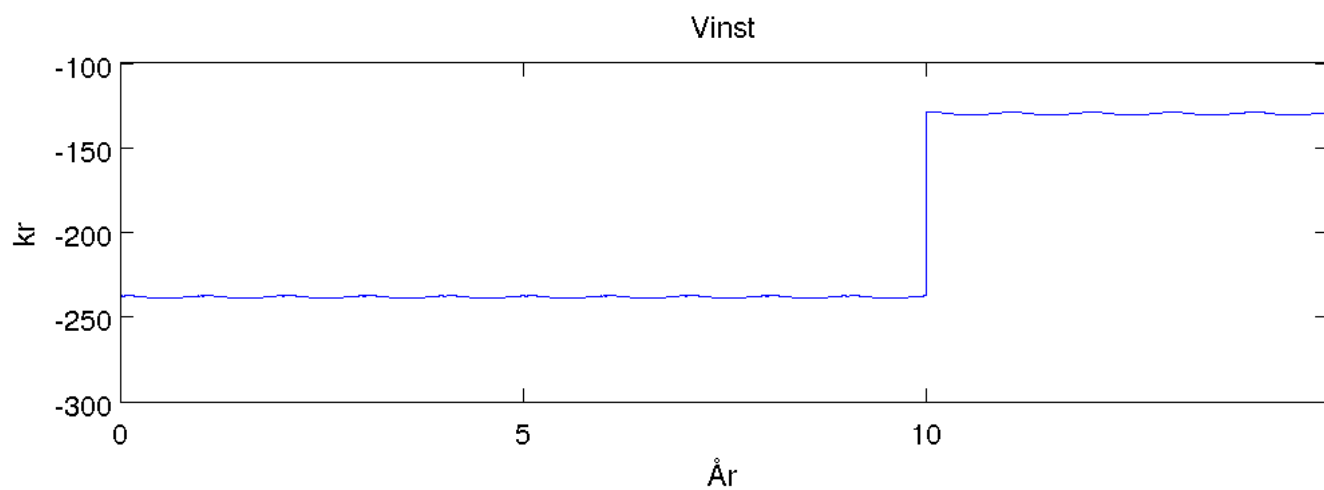
```
% Ackumulerad_Summa = -831418 kr ;
% Ackumulerad_bransleforbrukning = 3888749 kWh ;
% Ackumulerad_Nyttig_varme = 2527687 kWh ;
% Ackumulerad_bortkyld_varme = 0 kWh ;
% Ackumulerad_el = 461999 kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_bransleforbrukning = -0.2138 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_el = -1.7996 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_Nyttig_varme = -0.32892 kr/kWh ;
```

```
% I inga fall var den termiska effekten otillräcklig
```

```
sim_tid_ar = 15 ;
bygg_ar = 2011 ;
invest = 300000 ;
avbetalningstid = 10 ;
ranta = 0.0537 ;
invest_stod = 0 ;
el_pris = 0.6 ;
el_natnytta = 0 ;
pris_elcert = 0.25 ;
el_cert_hantering = 2000 ;
el_natavgift = 800 ;
varme_pris = 0 ;
kylkostnad = 0.001 ;
kyl_all = 0 ;
tappvatten_andel = 0.25 ;
balanstemp = 13 ;
max_term = 70 ;
energi_dygnsggrad = 70 ;
varmebehov_ar = 0 ;
branslekostnad = 0.15 ;
varmefil = 'Dygnsggrader_Falsterbo.xls' ;
kylenergi = 'noll.xls' ;
verkningsgradvarme = 0.65 ;
verkningsgradel = 0.19 ;
verkningsgrad_verk_el = [ 0;0;0;0.1;0.3;0.6;0.7;0.8;0.9;1];
underh_el = 0.19 ;
underh_bransle = 0 ;
```

```
% Kommentar '' ;
```

Bilaga 15



20110531-15-53-53-conf.m

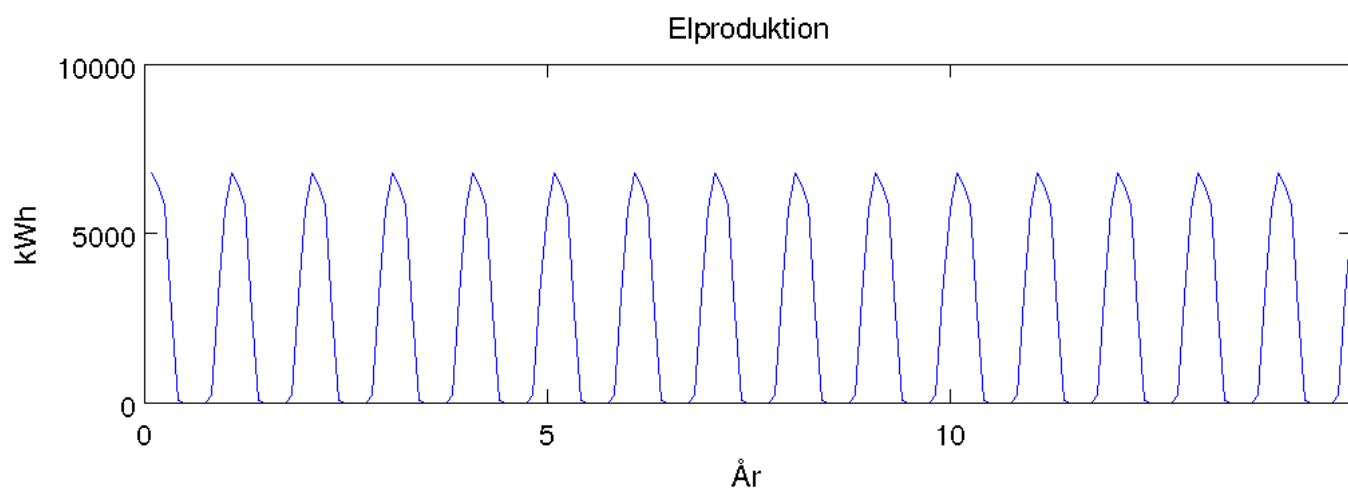
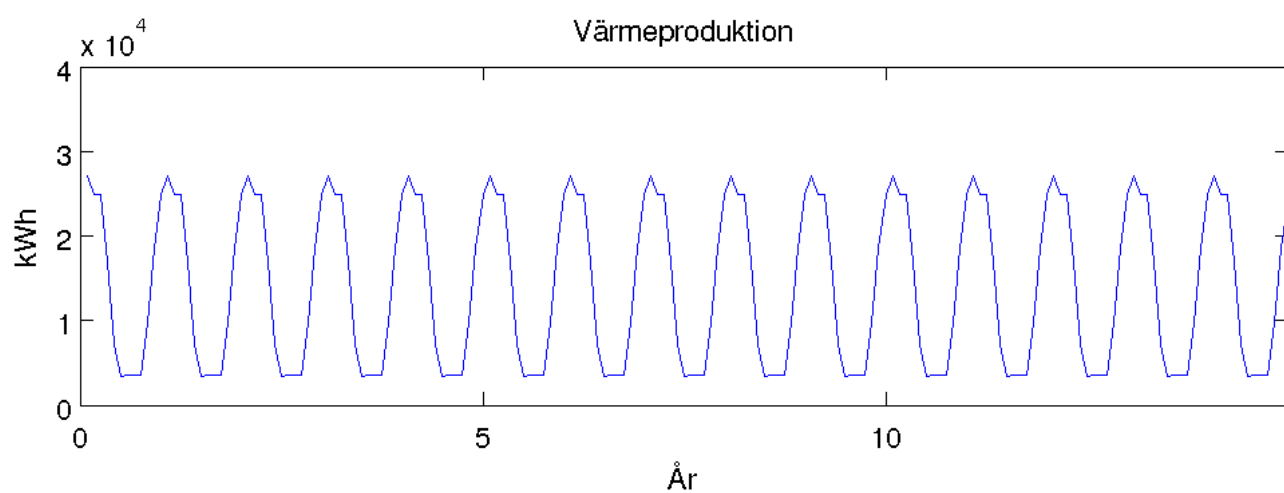
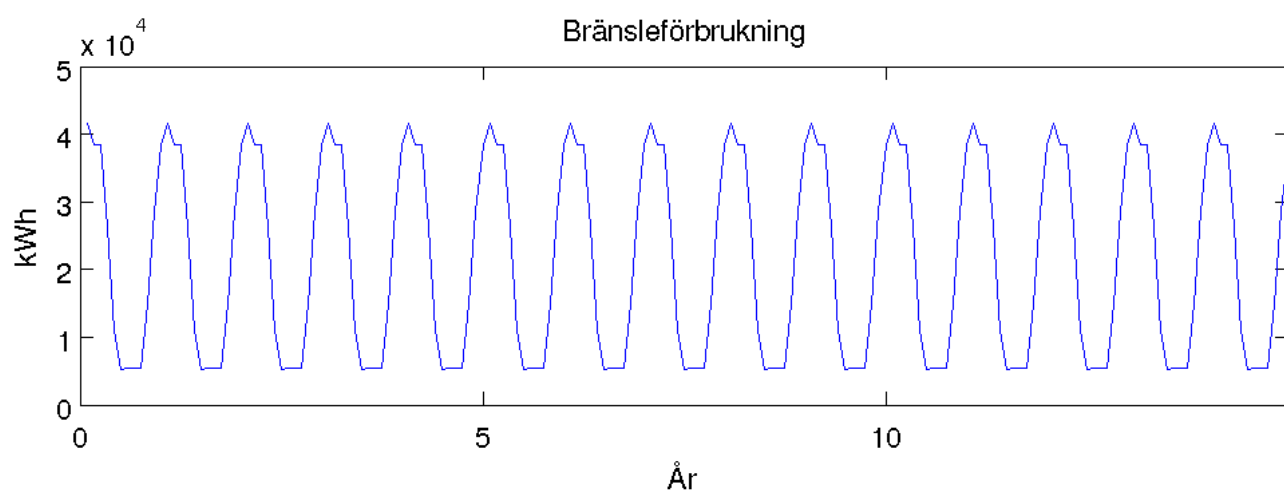
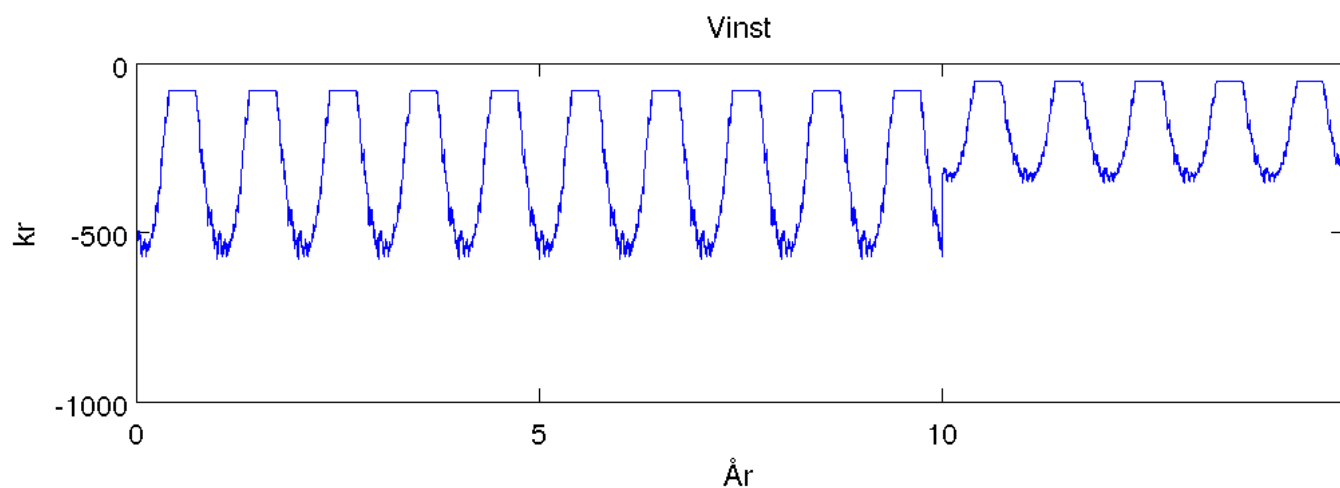
```
% Ackumulerad_Summa = -1106010 kr ;
% Ackumulerad_bransleforbrukning = 9198000 kWh ;
% Ackumulerad_Nyttig_varme = 2527687 kWh ;
% Ackumulerad_bortkyld_varme = 5309251 kWh ;
% Ackumulerad_el = 1747620 kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_bransleforbrukning = -0.12024 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_el = -0.63287 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_Nyttig_varme = -0.43756 kr/kWh ;
```

```
% I inga fall var den termiska effekten otillräcklig
```

```
sim_tid_ar = 15 ;
bygg_ar = 2011 ;
invest = 300000 ;
avbetalningstid = 10 ;
ranta = 0.0537 ;
invest_stod = 0 ;
el_pris = 0.6 ;
el_natnytta = 0 ;
pris_elcert = 0.25 ;
el_cert_hantering = 2000 ;
el_natavgift = 800 ;
varme_pris = 0 ;
kylkostnad = 0.001 ;
kyl_all = 1 ;
tappvatten_andel = 0.25 ;
balanstemp = 13 ;
max_term = 70 ;
energi_dygnsggrad = 70 ;
varmebehov_ar = 0 ;
branslekostnad = 0.15 ;
varmefil = 'Dygnsggrader_Falsterbo.xls' ;
kylenergi = 'noll.xls' ;
verkningsgradvarme = 0.65 ;
verkningsgradel = 0.19 ;
verkningsgrad_verk_el = [ 0;0;0;0.1;0.3;0.6;0.7;0.8;0.9;1];
underh_el = 0.19 ;
underh_bransle = 0 ;
```

```
% Kommentar '' ;
```


Bilaga 16



20110531-15-55-16-conf.m

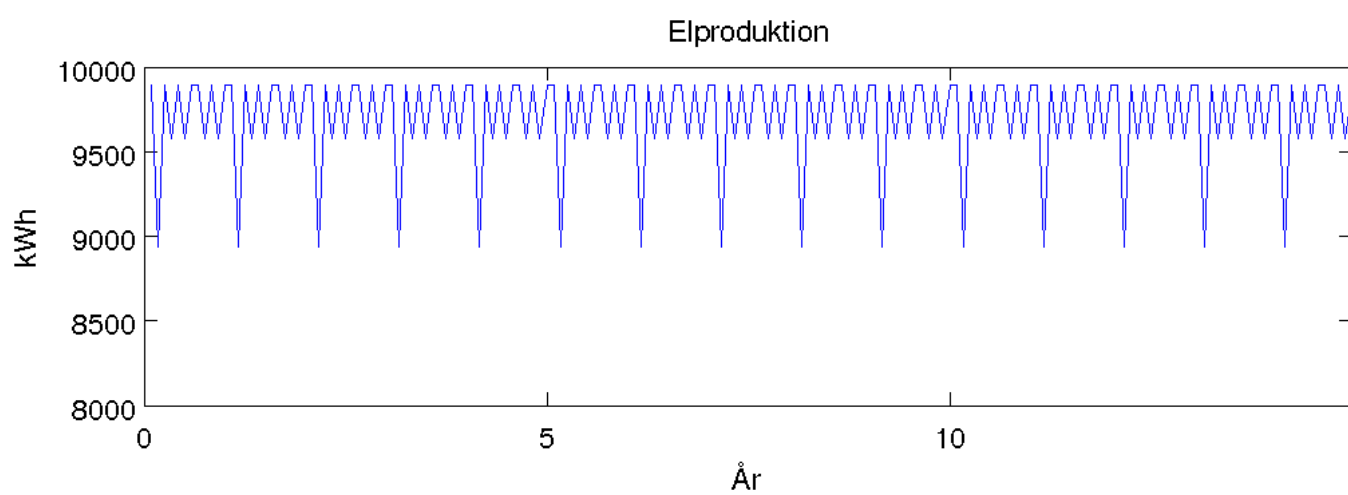
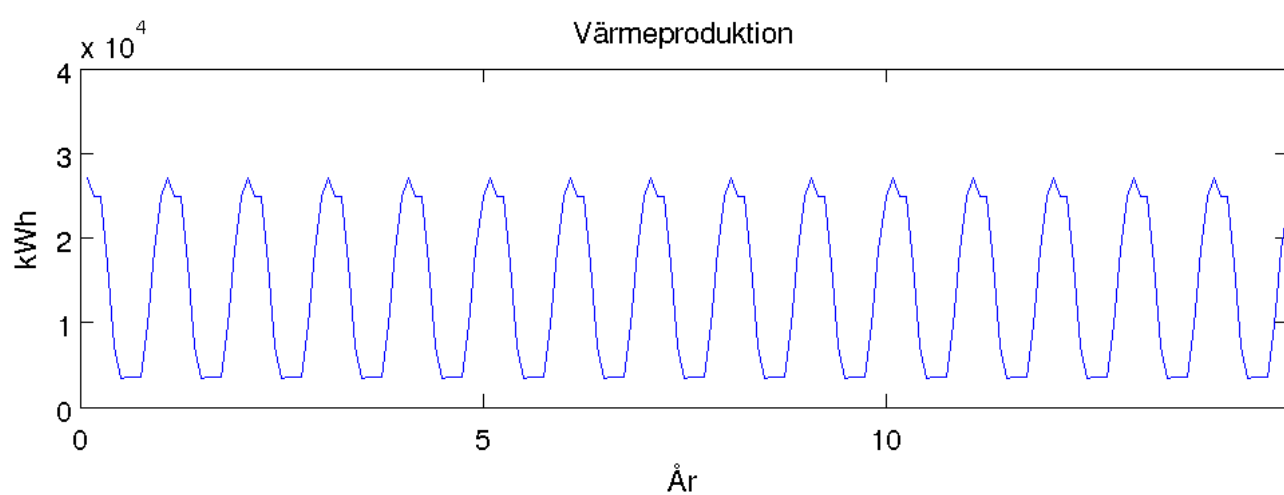
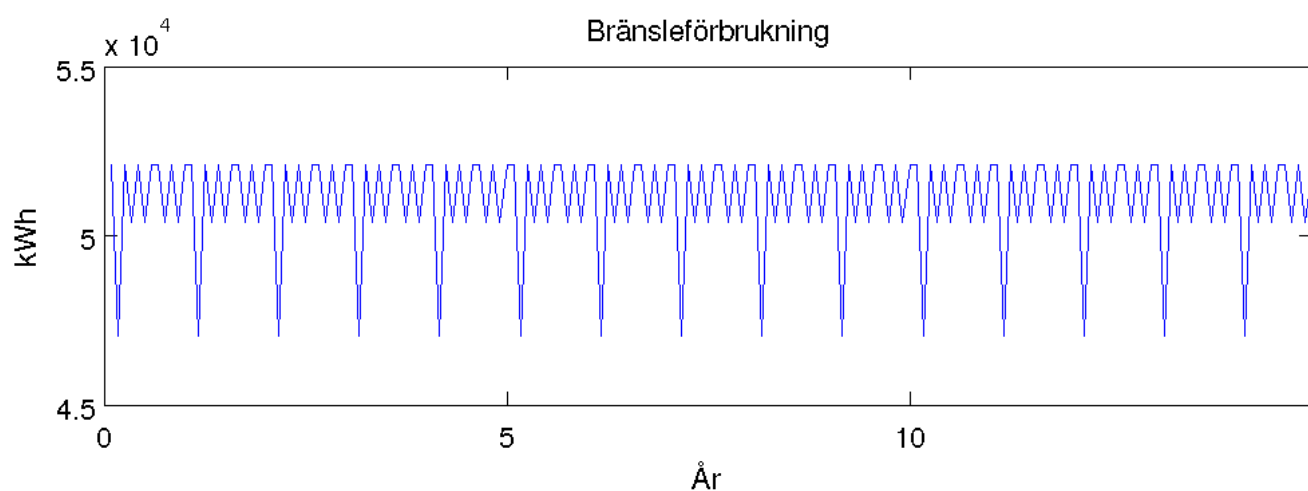
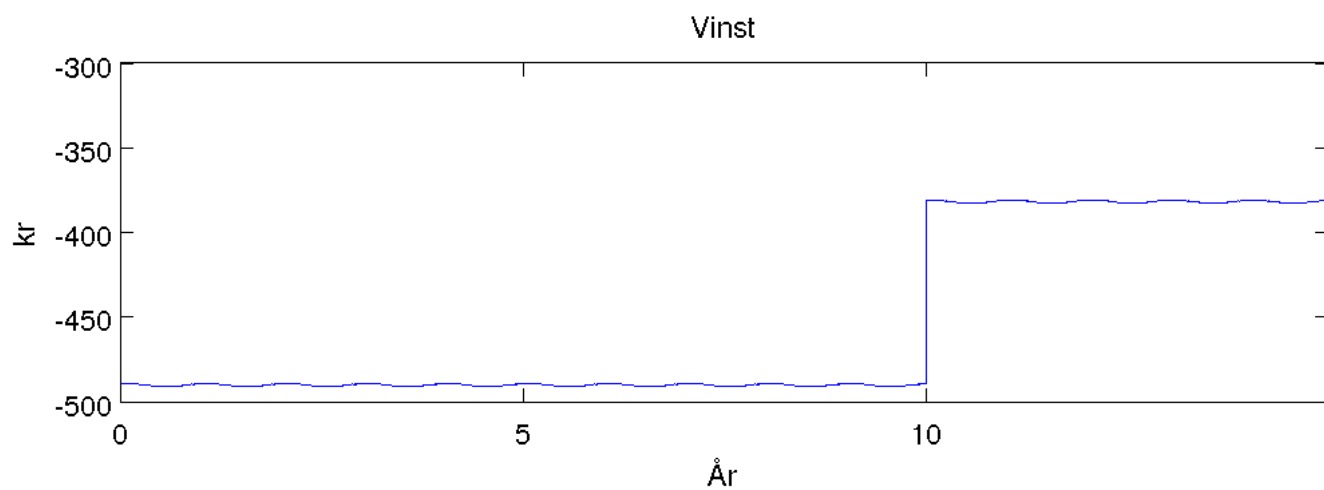
```
% Ackumulerad_Summa = -1414730 kr ;
% Ackumulerad_bransleforbrukning = 3888749 kWh ;
% Ackumulerad_Nyttig_varme = 2527687 kWh ;
% Ackumulerad_bortkyld_varme = 0 kWh ;
% Ackumulerad_el = 461999 kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_bransleforbrukning = -0.3638 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_el = -3.0622 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_Nyttig_varme = -0.55969 kr/kWh ;
```

```
% I inga fall var den termiska effekten otillräcklig
```

```
sim_tid_ar = 15 ;
bygg_ar = 2011 ;
invest = 300000 ;
avbetalningstid = 10 ;
ranta = 0.0537 ;
invest_stod = 0 ;
el_pris = 0.6 ;
el_natnytta = 0 ;
pris_elcert = 0.25 ;
el_cert_hantering = 2000 ;
el_natavgift = 800 ;
varme_pris = 0 ;
kylkostnad = 0.001 ;
kyl_all = 0 ;
tappvatten_andel = 0.25 ;
balanstemp = 13 ;
max_term = 70 ;
energi_dygnsgrad = 70 ;
varmebehov_ar = 0 ;
branslekostnad = 0.3 ;
varmefil = 'Dygnsgrader_Falsterbo.xls' ;
kylenergi = 'noll.xls' ;
verkningsgradvarme = 0.65 ;
verkningsgradel = 0.19 ;
verkningsgrad_verk_el = [ 0;0;0;0.1;0.3;0.6;0.7;0.8;0.9;1];
underh_el = 0.19 ;
underh_bransle = 0 ;
```

```
% Kommentar '' ;
```

Bilaga 17



20110531-15-56-40-conf.m

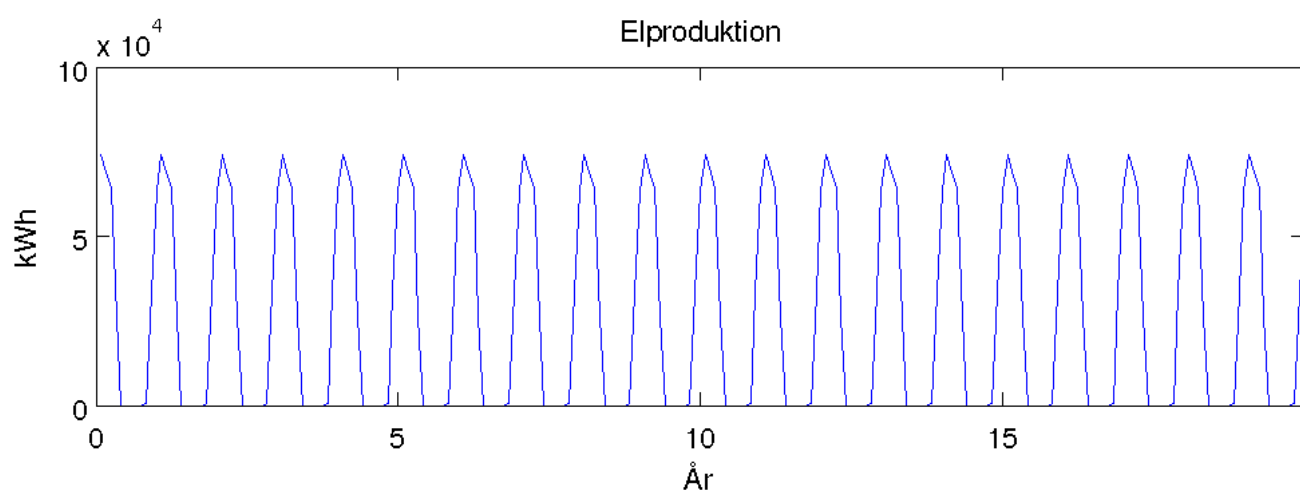
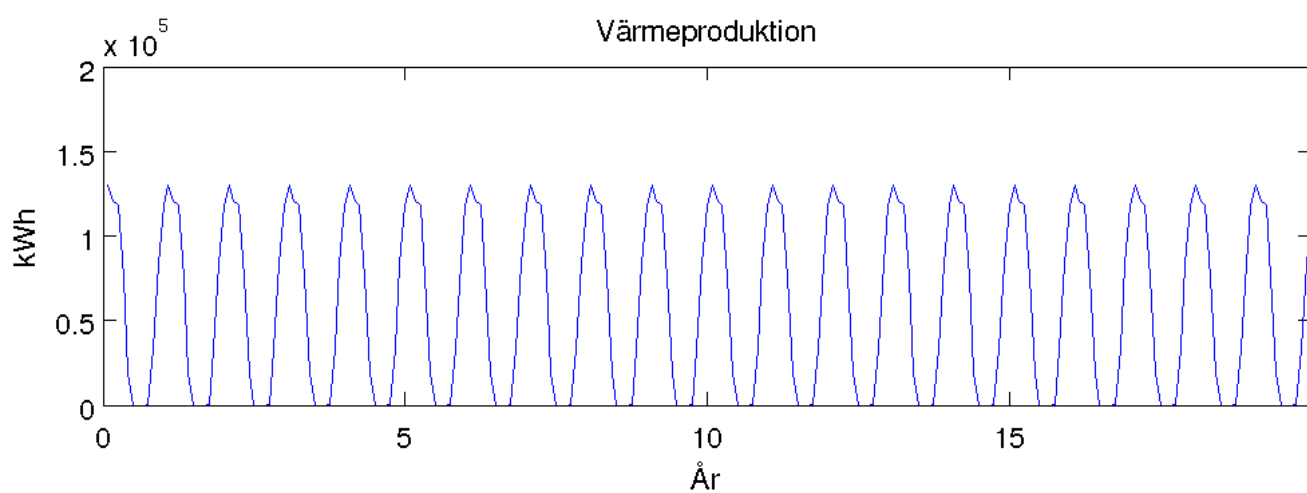
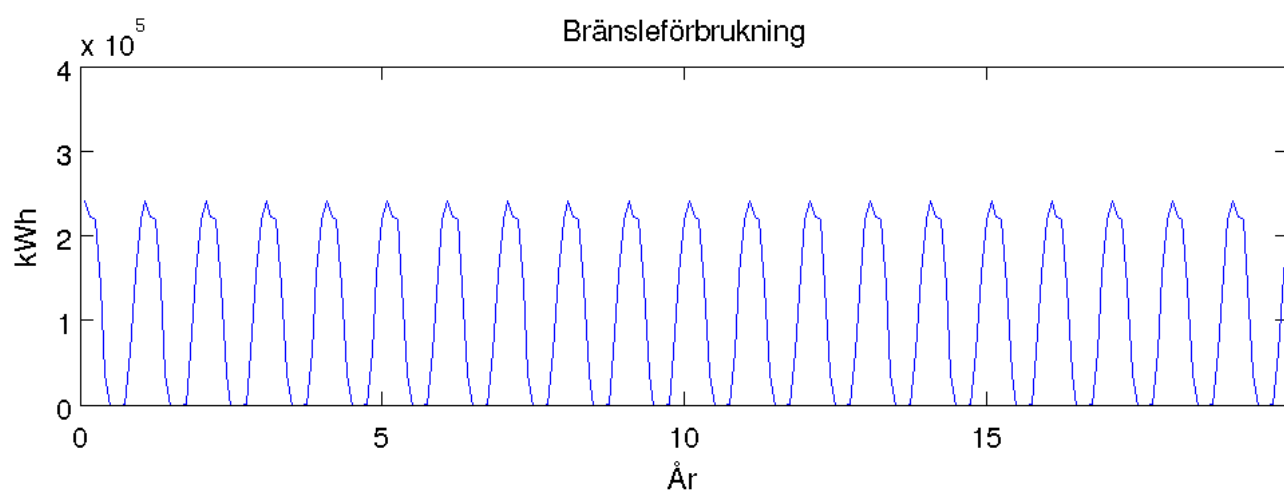
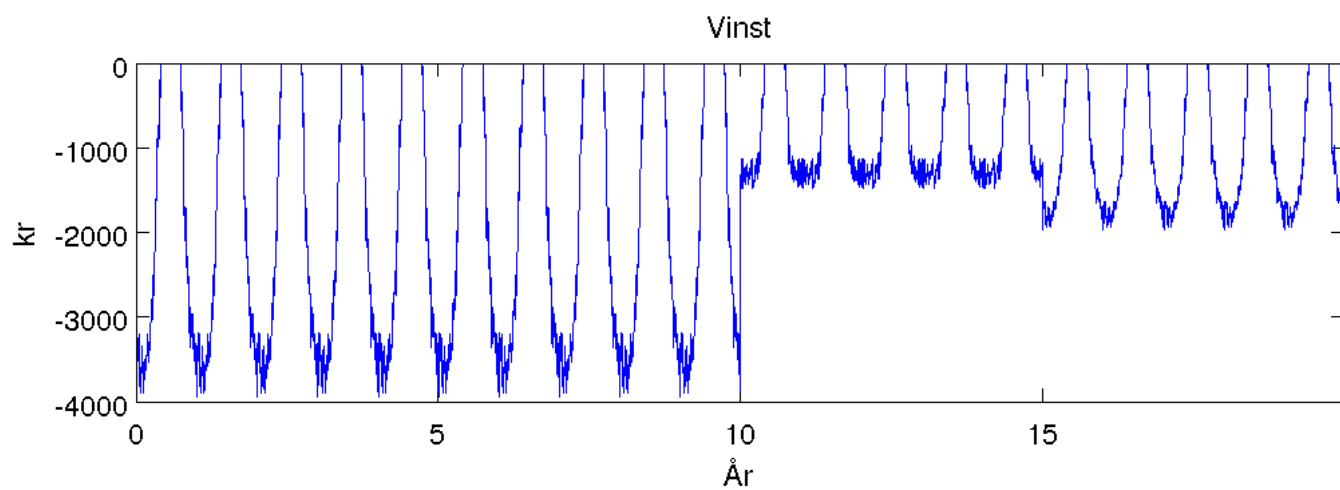
```
% Ackumulerad_Summa = -2485710 kr ;
% Ackumulerad_bransleforbrukning = 9198000 kWh ;
% Ackumulerad_Nyttig_varme = 2527687 kWh ;
% Ackumulerad_bortkyld_varme = 5309251 kWh ;
% Ackumulerad_el = 1747620 kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_bransleforbrukning = -0.27024 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_el = -1.4223 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_Nyttig_varme = -0.98339 kr/kWh ;
```

```
% I inga fall var den termiska effekten otillräcklig
```

```
sim_tid_ar = 15 ;
bygg_ar = 2011 ;
invest = 300000 ;
avbetalningstid = 10 ;
ranta = 0.0537 ;
invest_stod = 0 ;
el_pris = 0.6 ;
el_natnytta = 0 ;
pris_elcert = 0.25 ;
el_cert_hantering = 2000 ;
el_natavgift = 800 ;
varme_pris = 0 ;
kylkostnad = 0.001 ;
kyl_all = 1 ;
tappvatten_andel = 0.25 ;
balanstemp = 13 ;
max_term = 70 ;
energi_dygnsgrad = 70 ;
varmebehov_ar = 0 ;
branslekostnad = 0.3 ;
varmefil = 'Dygnsgrader_Falsterbo.xls' ;
kylenergi = 'noll.xls' ;
verkningsgradvarme = 0.65 ;
verkningsgradel = 0.19 ;
verkningsgrad_verk_el = [ 0;0;0;0.1;0.3;0.6;0.7;0.8;0.9;1];
underh_el = 0.19 ;
underh_bransle = 0 ;
```

```
% Kommentar '' ;
```

Bilaga 18



20110602-10-44-43-conf.m

```
% Ackumulerad_Summa = -9425416 kr ;
% Ackumulerad_bransleforbrukning = 25925926 kWh ;
% Ackumulerad_Nyttig_varme = 14000000 kWh ;
% Ackumulerad_bortkyld_varme = 0 kWh ;
% Ackumulerad_el = 6627115 kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_bransleforbrukning = -0.36355 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_el = -1.4223 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_Nyttig_varme = -0.67324 kr/kWh ;
```

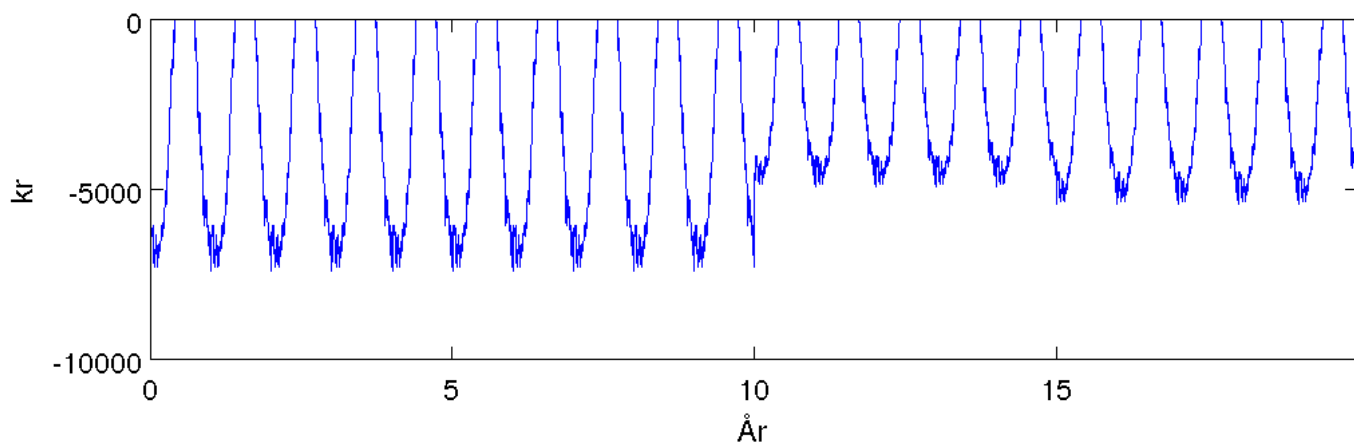
FEL, max effekt på pannan är: 330 kW. Vid 798 tillfälle räcker inte effekten. Under Simuleringstiden av confl saknas som mest 29.842 kW. Hela matrisen med dagar som har termisk effektbrist heter confl_pannstorlek_fel

```
sim_tid_ar = 20 ;
bygg_ar = 2011 ;
invest = 2830000 ;
avbetalningstid = 10 ;
ranta = 0.0537 ;
invest_stod = 0 ;
el_pris = 0.6 ;
el_natnytta = 0 ;
pris_elcert = 0.25 ;
el_cert_hantering = 2000 ;
el_natavgift = 800 ;
varme_pris = 0.5 ;
kylkostnad = 0 ;
kyl_all = 0 ;
tappvatten_andel = 0 ;
balanstemp = 13 ;
max_term = 330 ;
energi_dygnsggrad = 0 ;
varmebehov_ar = 700000 ;
branslekostnad = 0.4 ;
varmefil = 'Dygnsggrader_Falsterbo.xls' ;
kylenergi = 'noll.xls' ;
verkningsgradvarme = 0.54 ;
verkningsgradel = 0.31 ;
verkningsgrad_verk_el = [ 0;0;0;0;0.3;0.6;0.7;0.8;0.9;1];
underh_el = 0.1 ;
underh_bransle = 0.25 ;

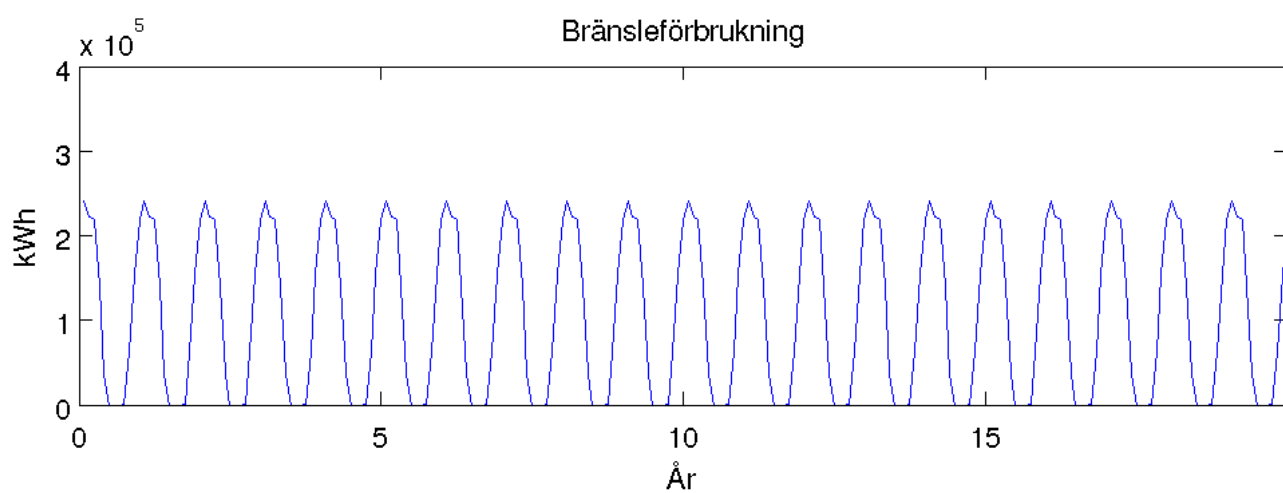
% Kommentar 'Mikroturbin T100' ;
```

Bilaga 19

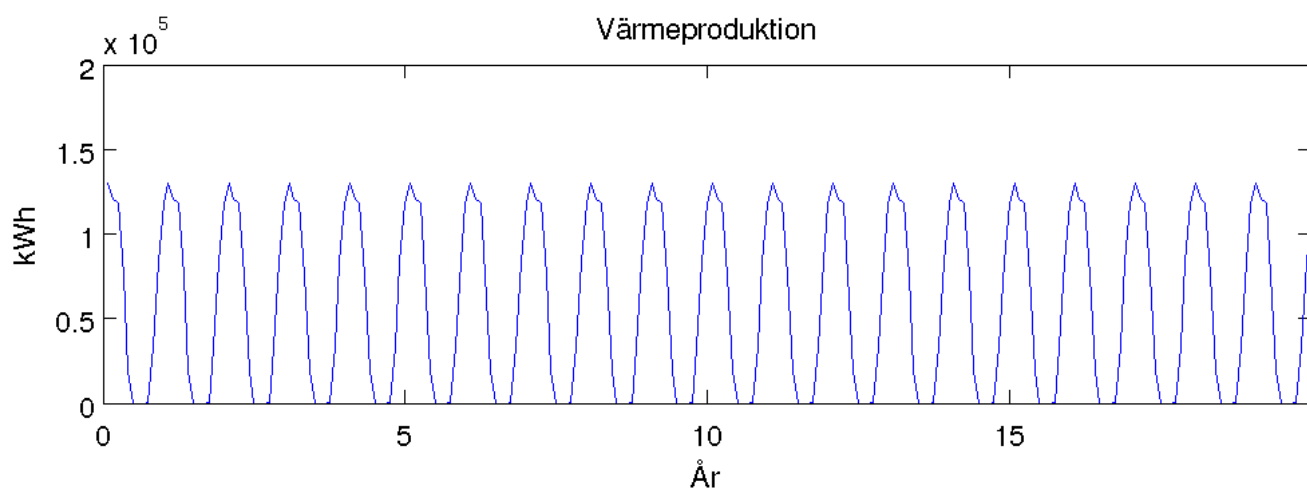
Vinst



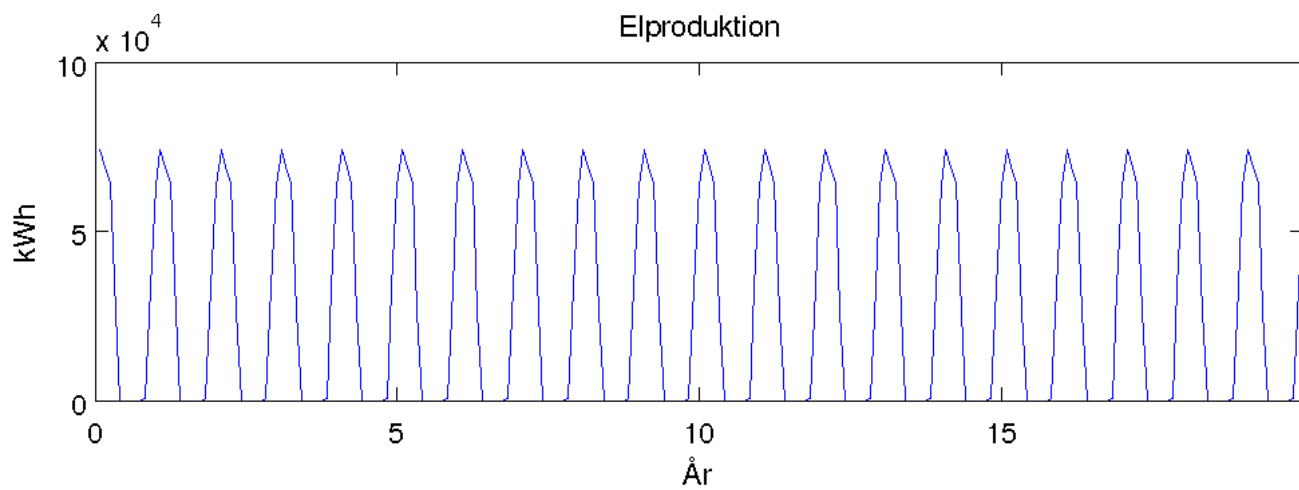
Bränsleförbrukning



Värmeproduktion



Elproduktion



20110602-10-45-12-conf.m

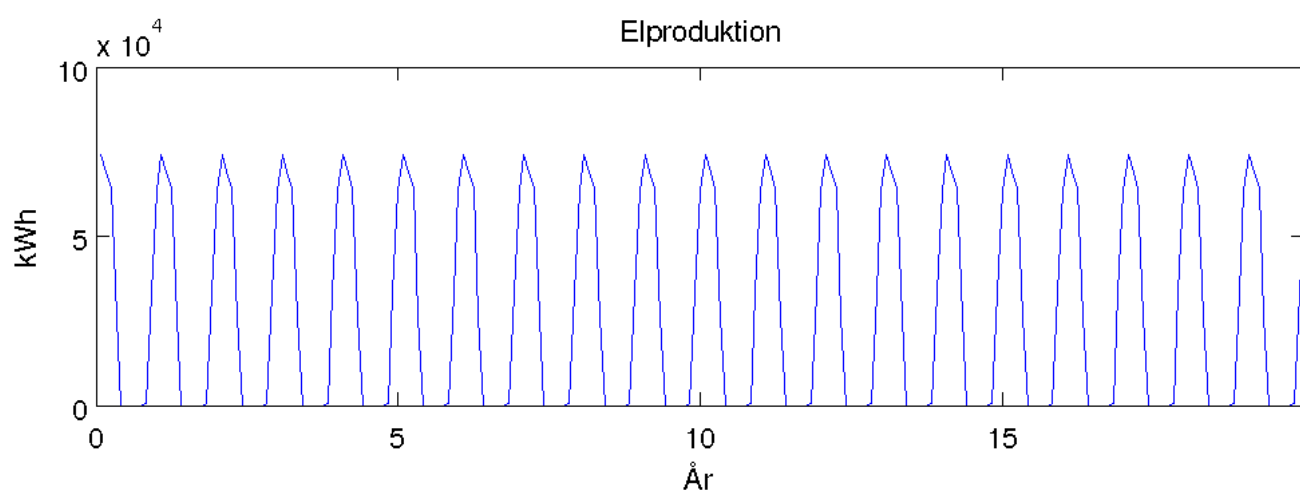
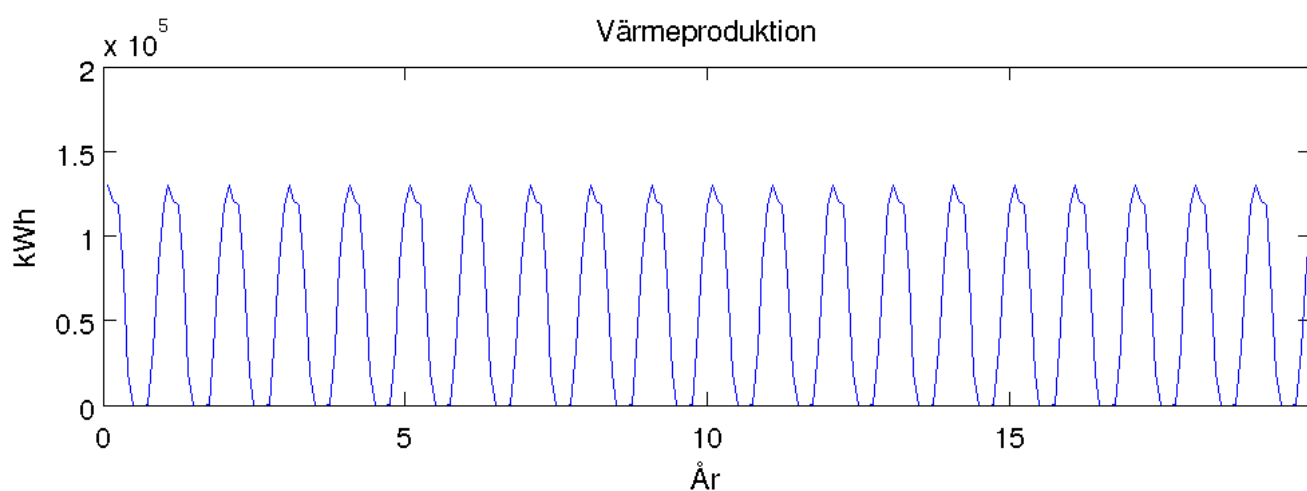
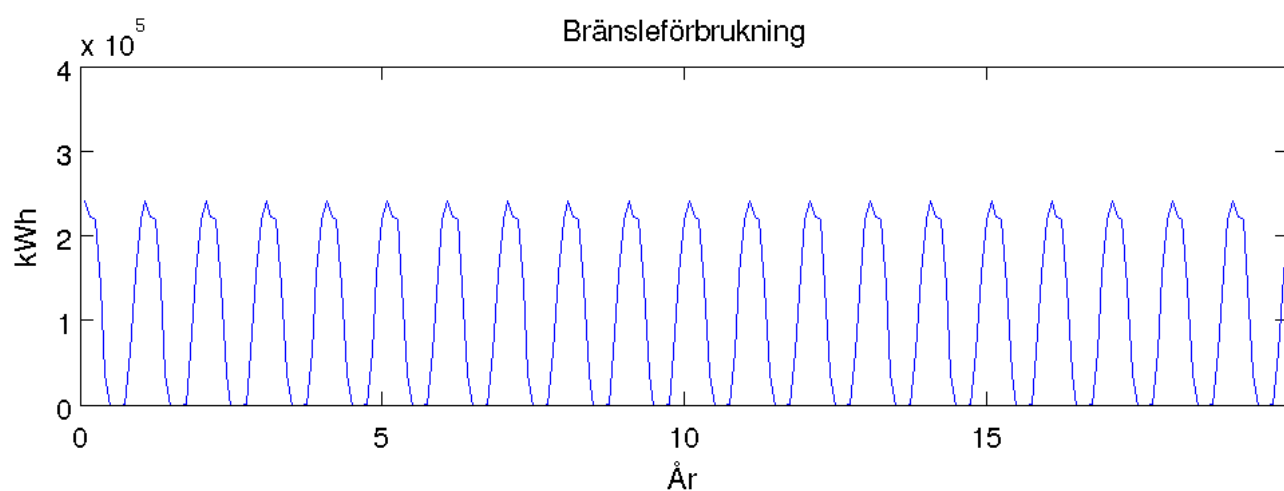
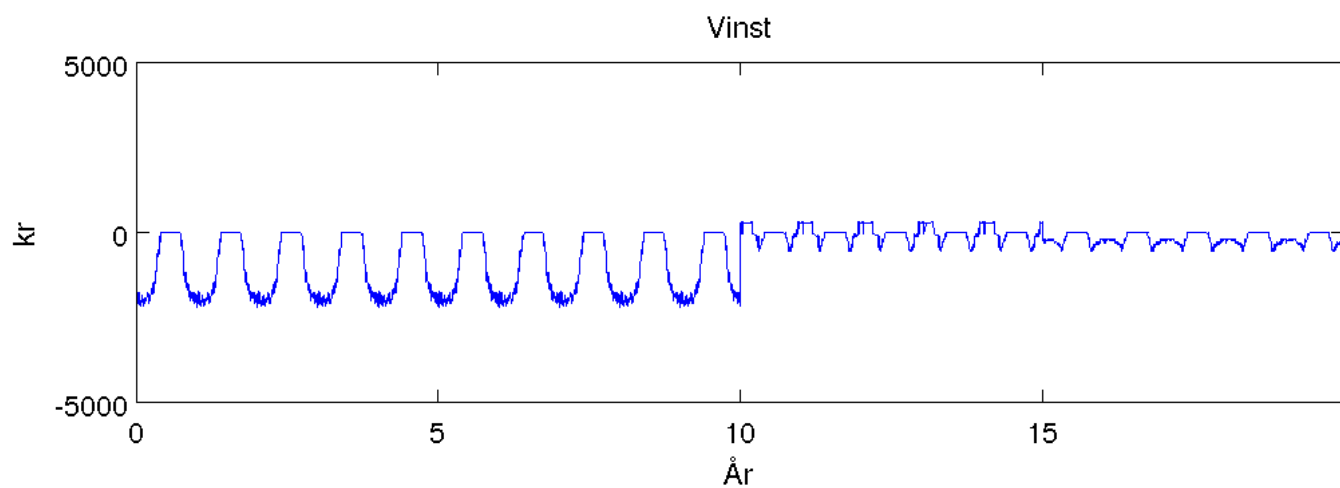
```
% Ackumulerad_Summa = -19795787 kr ;
% Ackumulerad_bransleforbrukning = 25925926 kWh ;
% Ackumulerad_Nyttig_varme = 14000000 kWh ;
% Ackumulerad_bortkyld_varme = 0 kWh ;
% Ackumulerad_el = 6627115 kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_bransleforbrukning = -0.76355 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_el = -2.9871 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_Nyttig_varme = -1.414 kr/kWh ;
```

FEL, max effekt på pannan är: 330 kW. Vid 798 tillfälle räcker inte effekten. Under Simuleringstiden av conf2 saknas som mest 29.842 kW. Hela matrisen med dagar som har termisk effektbrist heter conf2_pannstorlek_fel

```
sim_tid_ar = 20 ;
bygg_ar = 2011 ;
invest = 2830000 ;
avbetalningstid = 10 ;
ranta = 0.0537 ;
invest_stod = 0 ;
el_pris = 0.6 ;
el_natnytta = 0 ;
pris_elcert = 0.25 ;
el_cert_hantering = 2000 ;
el_natavgift = 800 ;
varme_pris = 0.5 ;
kylkostnad = 0 ;
kyl_all = 0 ;
tappvatten_andel = 0 ;
balanstemp = 13 ;
max_term = 330 ;
energi_dygnsgrad = 0 ;
varmebehov_ar = 700000 ;
branslekostnad = 0.8 ;
varmefil = 'Dygnsgrader_Falsterbo.xls' ;
kylenergi = 'noll.xls' ;
verkningsgradvarme = 0.54 ;
verkningsgradel = 0.31 ;
verkningsgrad_verk_el = [ 0;0;0;0;0.3;0.6;0.7;0.8;0.9;1];
underh_el = 0.1 ;
underh_bransle = 0.25 ;

% Kommentar 'Mikroturbin T100' ;
```

Bilaga 20



20110602-10-46-08-conf.m

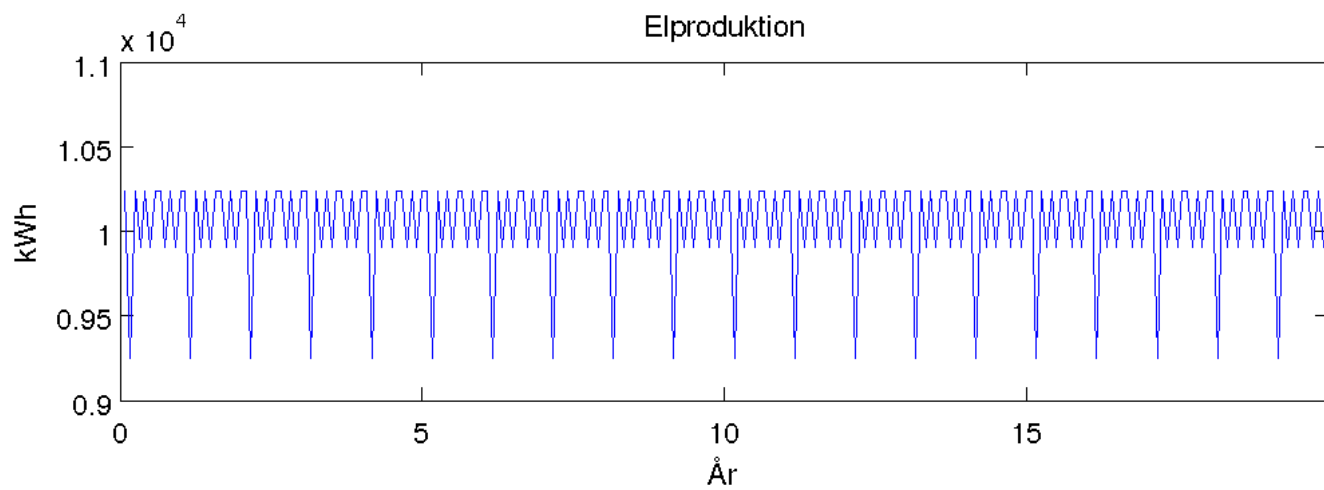
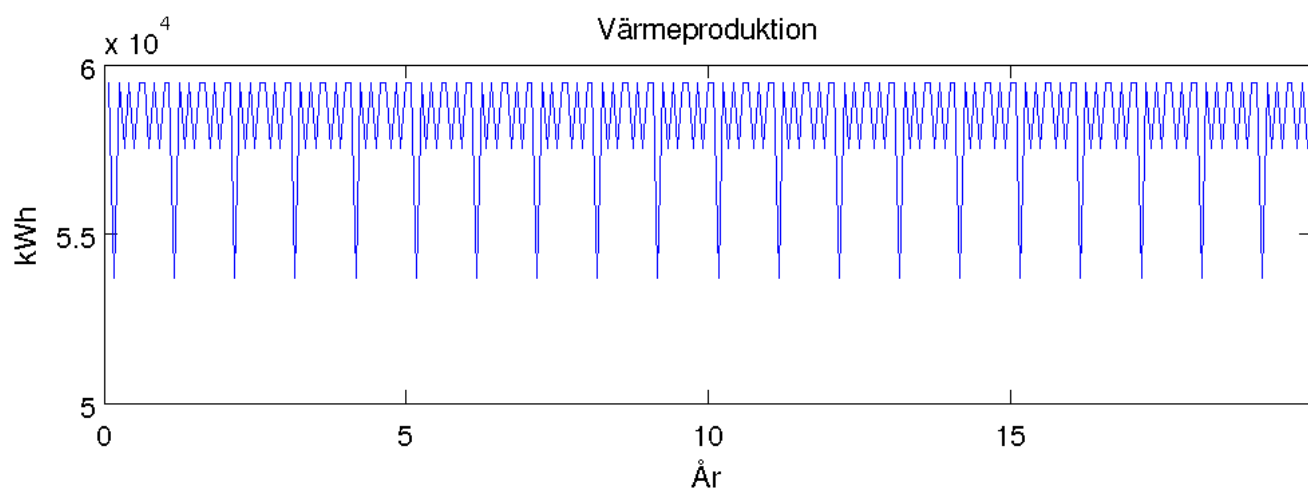
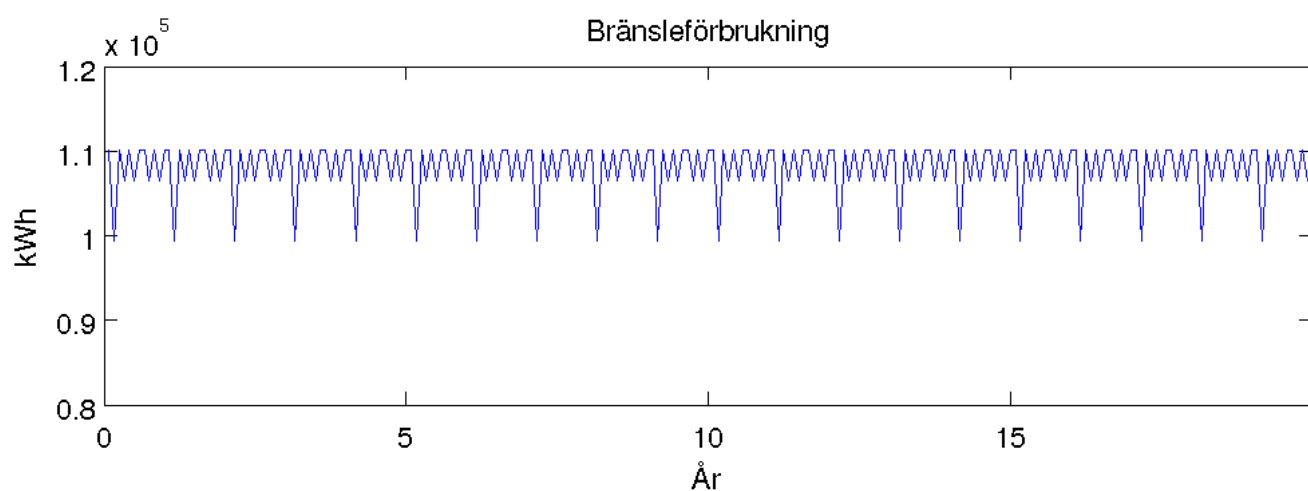
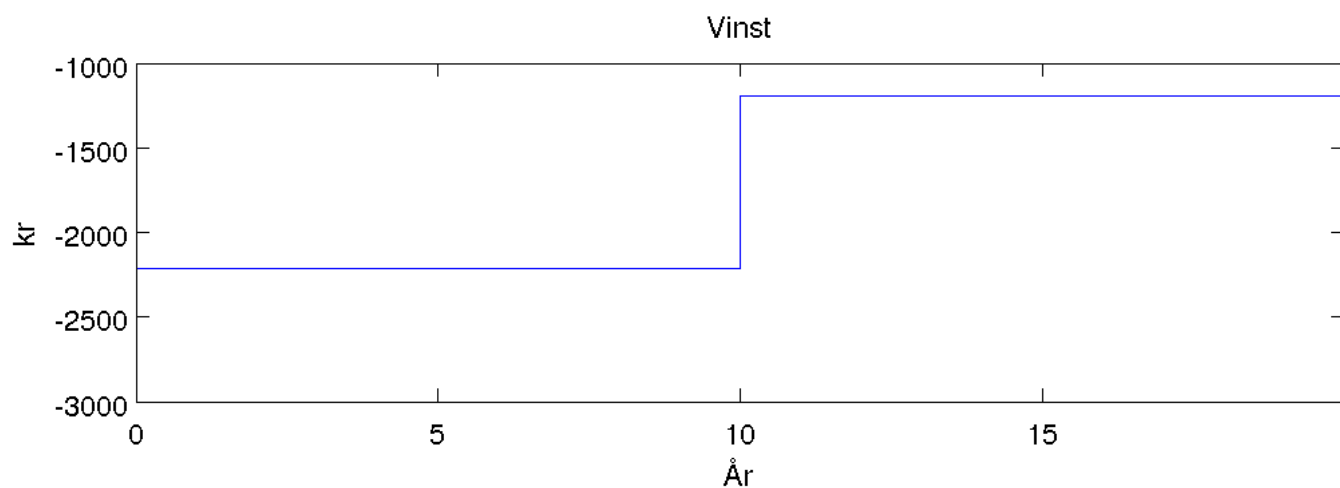
```
% Ackumulerad_Summa = -4240231 kr ;
% Ackumulerad_bransleforbrukning = 25925926 kWh ;
% Ackumulerad_Nyttig_varme = 14000000 kWh ;
% Ackumulerad_bortkyld_varme = 0 kWh ;
% Ackumulerad_el = 6627115 kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_bransleforbrukning = -0.16355 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_el = -0.63983 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_Nyttig_varme = -0.30287 kr/kWh ;
```

FEL, max effekt på pannan är: 330 kW. Vid 798 tillfälle räcker inte effekten. Under Simuleringstiden av conf4 saknas som mest 29.842 kW. Hela matrisen med dagar som har termisk effektbrist heter conf4_pannstorlek_fel

```
sim_tid_ar = 20 ;
bygg_ar = 2011 ;
invest = 2830000 ;
avbetalningstid = 10 ;
ranta = 0.0537 ;
invest_stod = 0 ;
el_pris = 0.6 ;
el_natnytta = 0 ;
pris_elcert = 0.25 ;
el_cert_hantering = 2000 ;
el_natavgift = 800 ;
varme_pris = 0.5 ;
kylkostnad = 0 ;
kyl_all = 0 ;
tappvatten_andel = 0 ;
balanstemp = 13 ;
max_term = 330 ;
energi_dygnsgrad = 0 ;
varmebehov_ar = 700000 ;
branslekostnad = 0.2 ;
varmefil = 'Dygnsgrader_Falsterbo.xls' ;
kylenergi = 'noll.xls' ;
verkningsgradvarme = 0.54 ;
verkningsgradel = 0.31 ;
verkningsgrad_verk_el = [ 0;0;0;0;0.3;0.6;0.7;0.8;0.9;1];
underh_el = 0.1 ;
underh_bransle = 0.25 ;

% Kommentar 'Mikroturbin T100' ;
```

Bilaga 21



20110602-10-48-52-conf.m

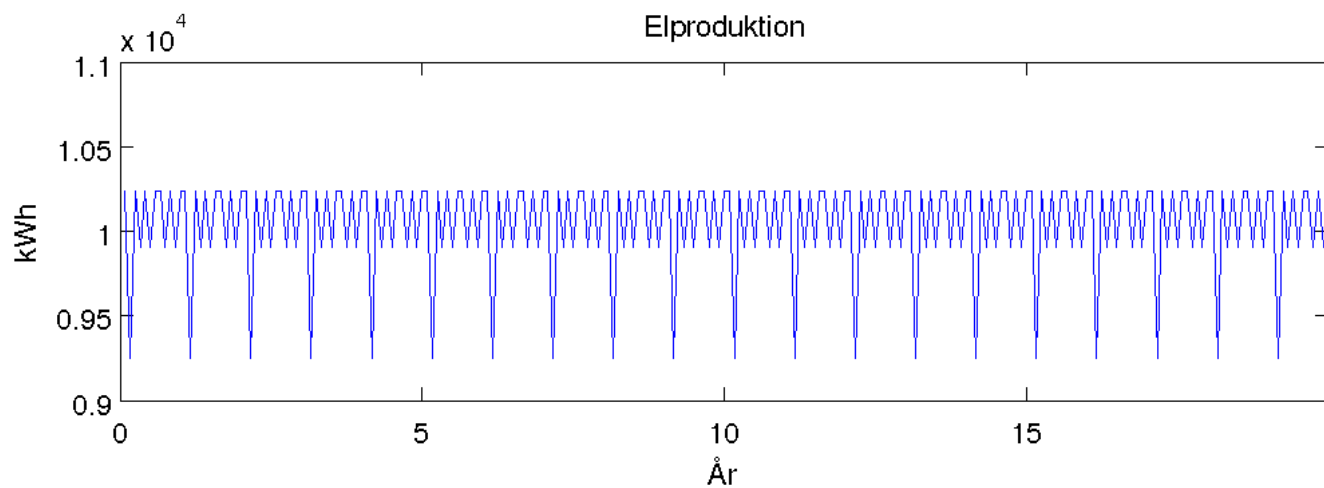
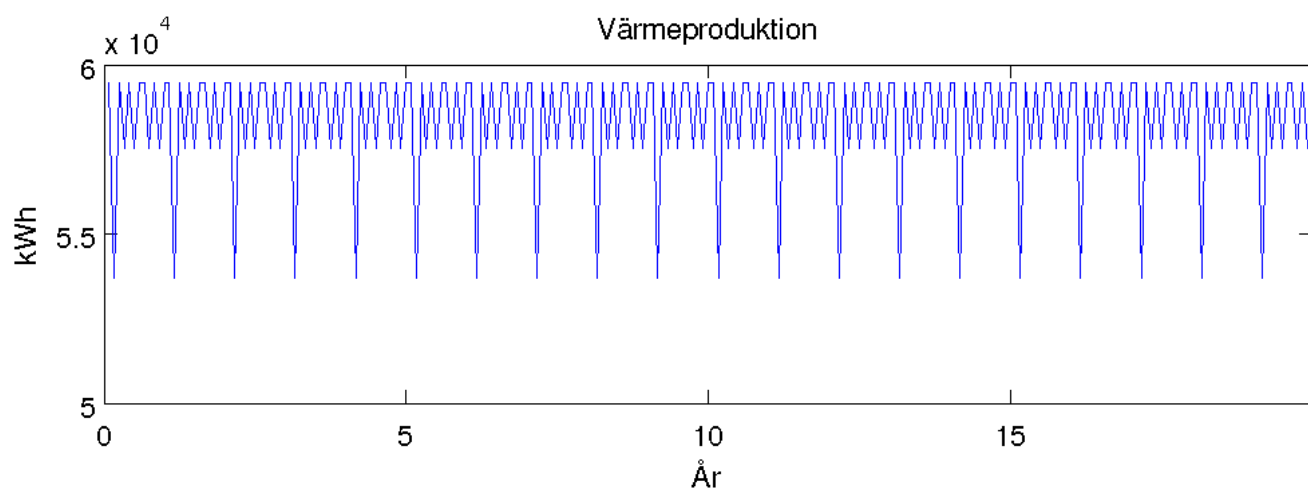
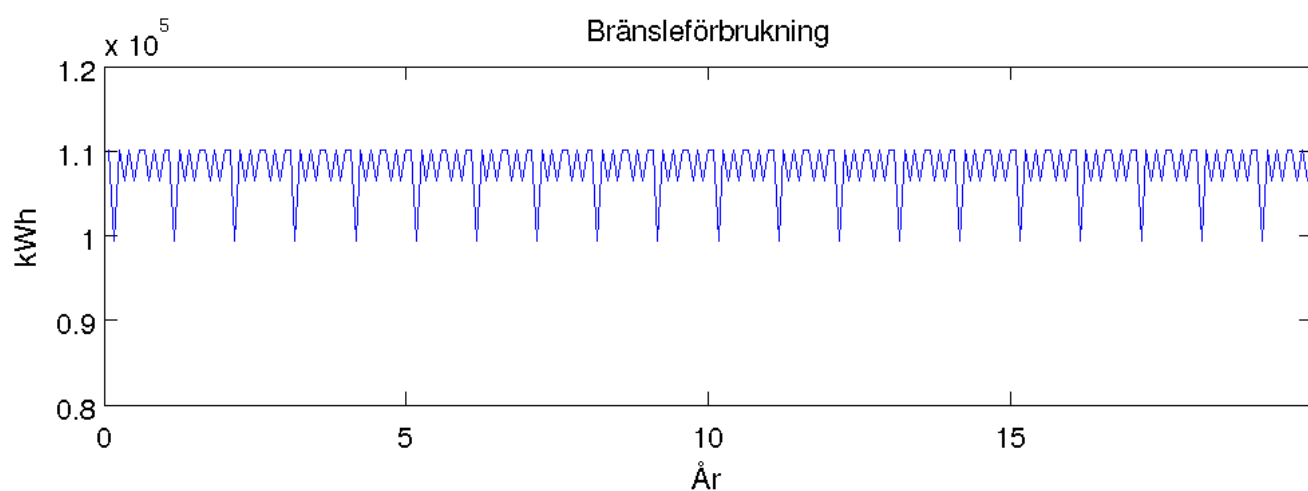
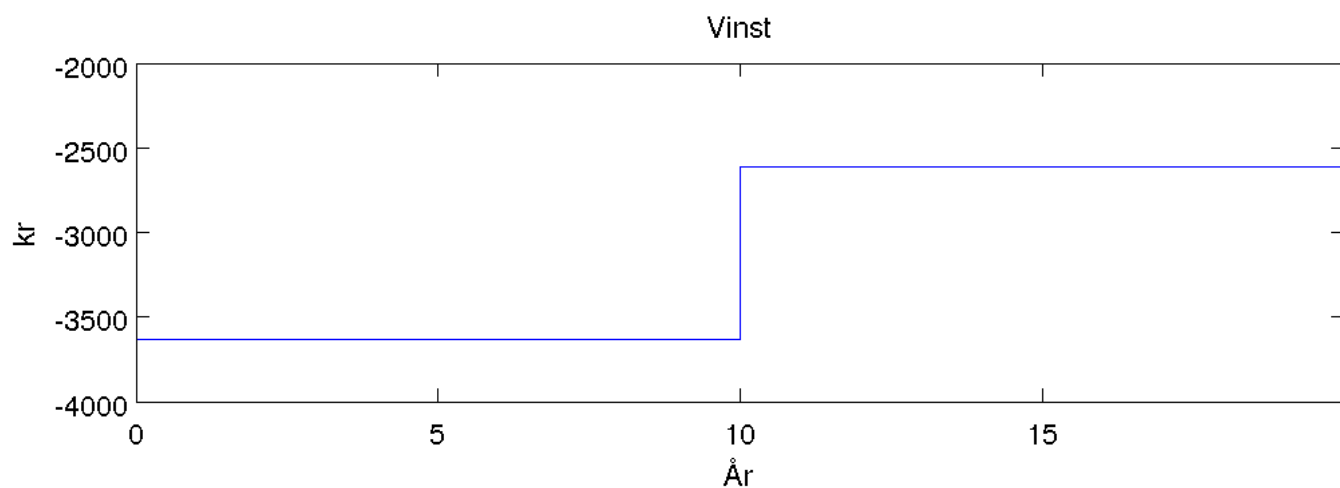
```
% Ackumulerad_Summa = -12433418 kr ;
% Ackumulerad_bransleforbrukning = 25925926 kWh ;
% Ackumulerad_Nyttig_varme = 14000000 kWh ;
% Ackumulerad_bortkyld_varme = 0 kWh ;
% Ackumulerad_el = 2411111 kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_bransleforbrukning = -0.47957 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_el = -5.1567 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_Nyttig_varme = -0.8881 kr/kWh ;
```

```
% I inga fall var den termiska effekten otillräcklig
```

```
sim_tid_ar = 20 ;
bygg_ar = 2011 ;
invest = 2830000 ;
avbetalningstid = 10 ;
ranta = 0.0537 ;
invest_stod = 0 ;
el_pris = 0.6 ;
el_natnytta = 0 ;
pris_elcert = 0.25 ;
el_cert_hantering = 2000 ;
el_natavgift = 800 ;
varme_pris = 0.5 ;
kylkostnad = 0 ;
kyl_all = 0 ;
tappvatten_andel = 0 ;
balanstemp = 13 ;
max_term = 330 ;
energi_dygnsggrad = 0 ;
varmebehov_ar = 700000 ;
branslekostnad = 0.4 ;
varmefil = 'Dygnsggrader_konstant_12.xls' ;
kylenergi = 'noll.xls' ;
verkningsgradvarme = 0.54 ;
verkningsgradel = 0.31 ;
verkningsgrad_verk_el = [ 0;0;0;0;0.3;0.6;0.7;0.8;0.9;1];
underh_el = 0.1 ;
underh_bransle = 0.25 ;
```

```
% Kommentar 'Mikroturbin T100' ;
```

Bilaga 22



20110602-10-49-21-conf.m

```
% Ackumulerad_Summa = -22803789 kr ;
% Ackumulerad_bransleforbrukning = 25925926 kWh ;
% Ackumulerad_Nyttig_varme = 14000000 kWh ;
% Ackumulerad_bortkyld_varme = 0 kWh ;
% Ackumulerad_el = 2411111 kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_bransleforbrukning = -0.87957 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_el = -9.4578 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_Nyttig_varme = -1.6288 kr/kWh ;
```

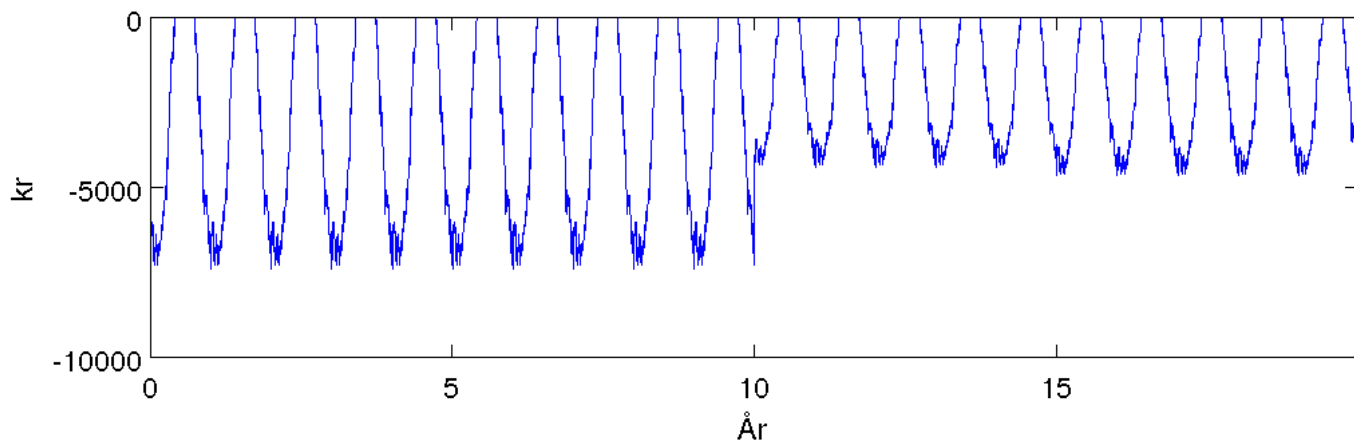
```
% I inga fall var den termiska effekten otillräcklig
```

```
sim_tid_ar = 20 ;
bygg_ar = 2011 ;
invest = 2830000 ;
avbetalningstid = 10 ;
ranta = 0.0537 ;
invest_stod = 0 ;
el_pris = 0.6 ;
el_natnytta = 0 ;
pris_elcert = 0.25 ;
el_cert_hantering = 2000 ;
el_natavgift = 800 ;
varme_pris = 0.5 ;
kylkostnad = 0 ;
kyl_all = 0 ;
tappvatten_andel = 0 ;
balanstemp = 13 ;
max_term = 330 ;
energi_dygnsggrad = 0 ;
varmebehov_ar = 700000 ;
branslekostnad = 0.8 ;
varmefil = 'Dygnsggrader_konstant_12.xls' ;
kylenergi = 'noll.xls' ;
verkningsgradvarme = 0.54 ;
verkningsgradel = 0.31 ;
verkningsgrad_verk_el = [ 0;0;0;0;0.3;0.6;0.7;0.8;0.9;1];
underh_el = 0.1 ;
underh_bransle = 0.25 ;
```

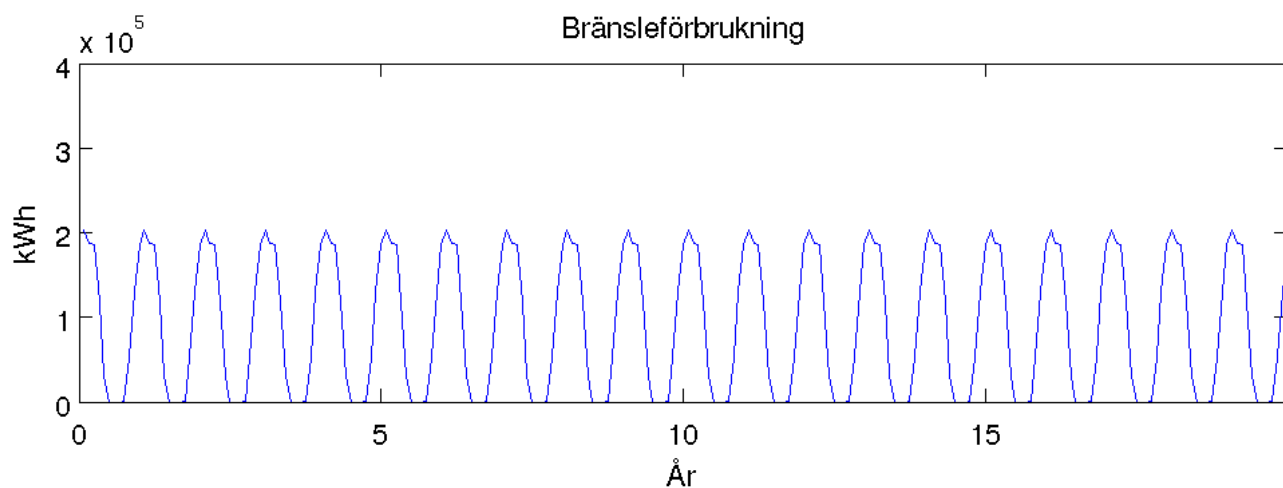
```
% Kommentar 'Mikroturbin T100' ;
```

Bilaga 23

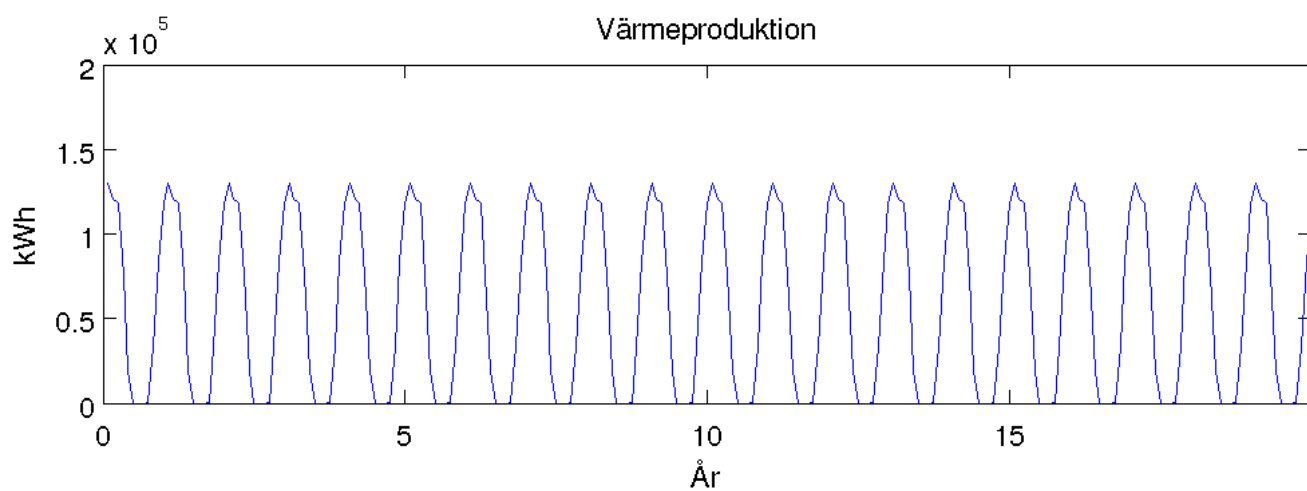
Vinst



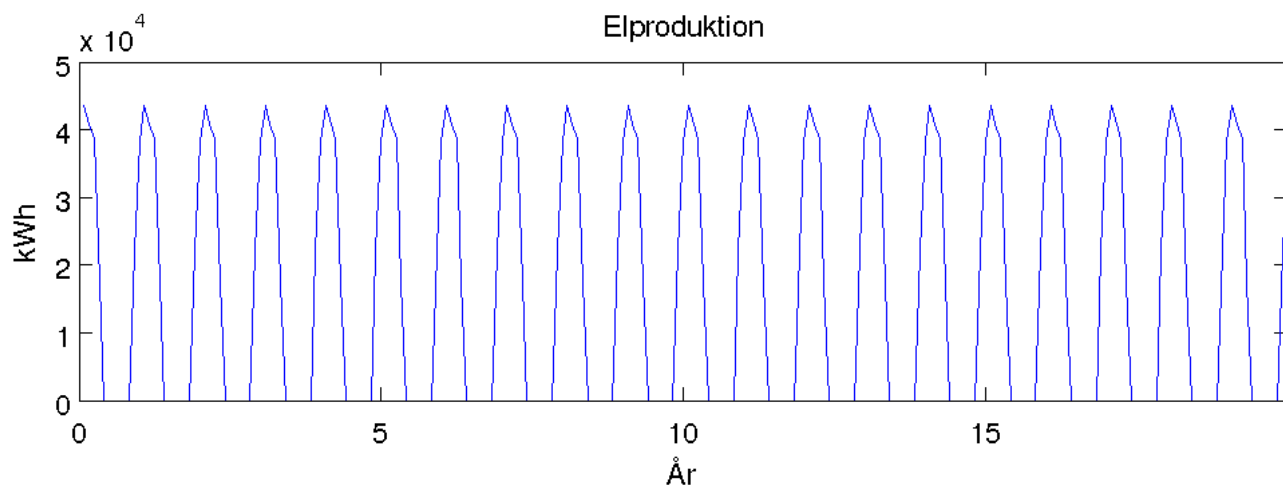
Bränsleförbrukning



Värmeproduktion



Elproduktion



20110602-11-56-28-conf.m

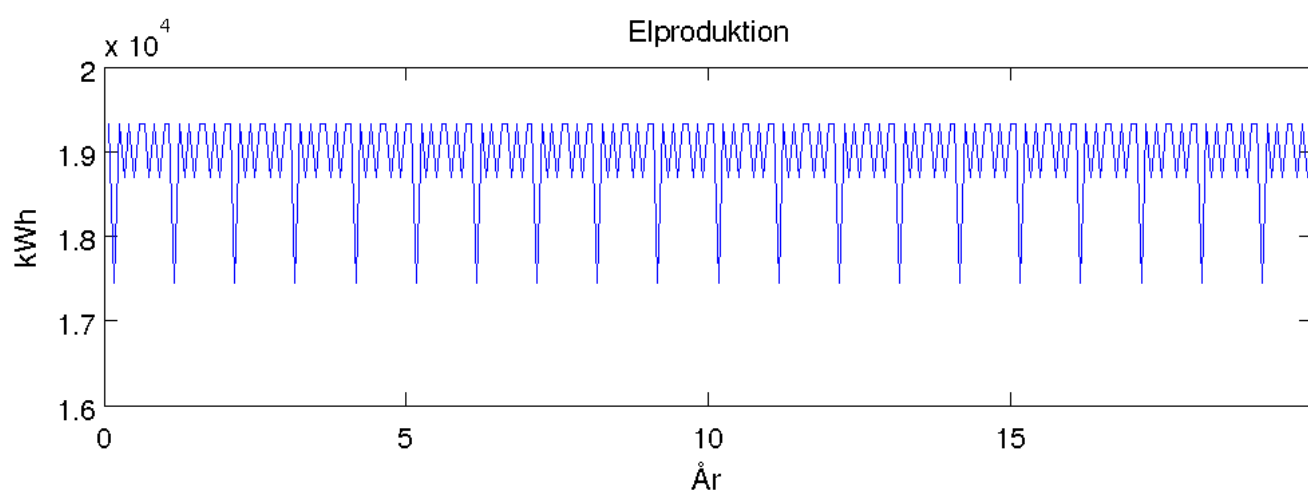
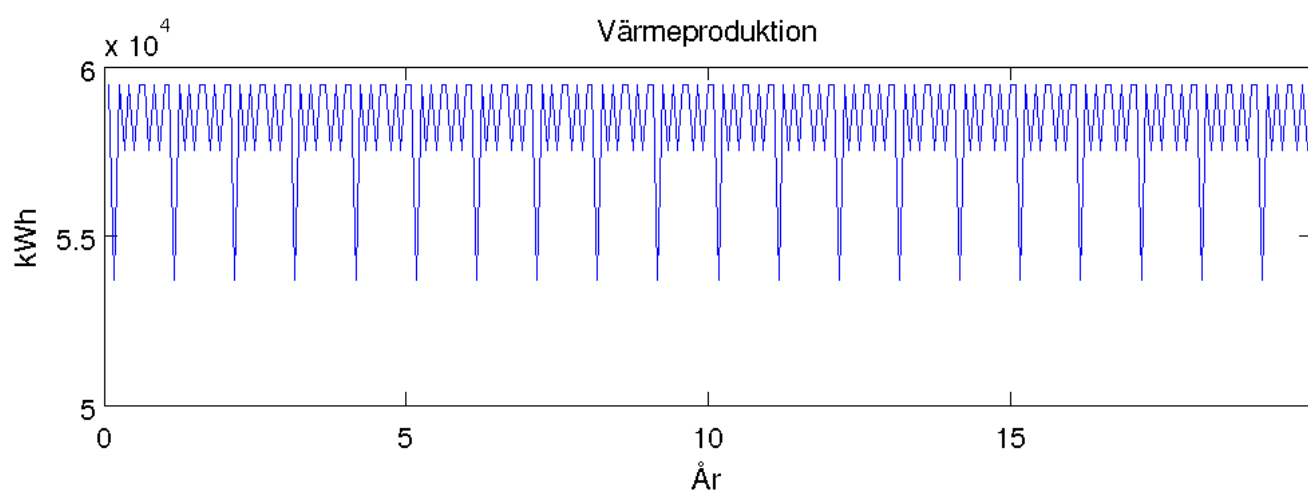
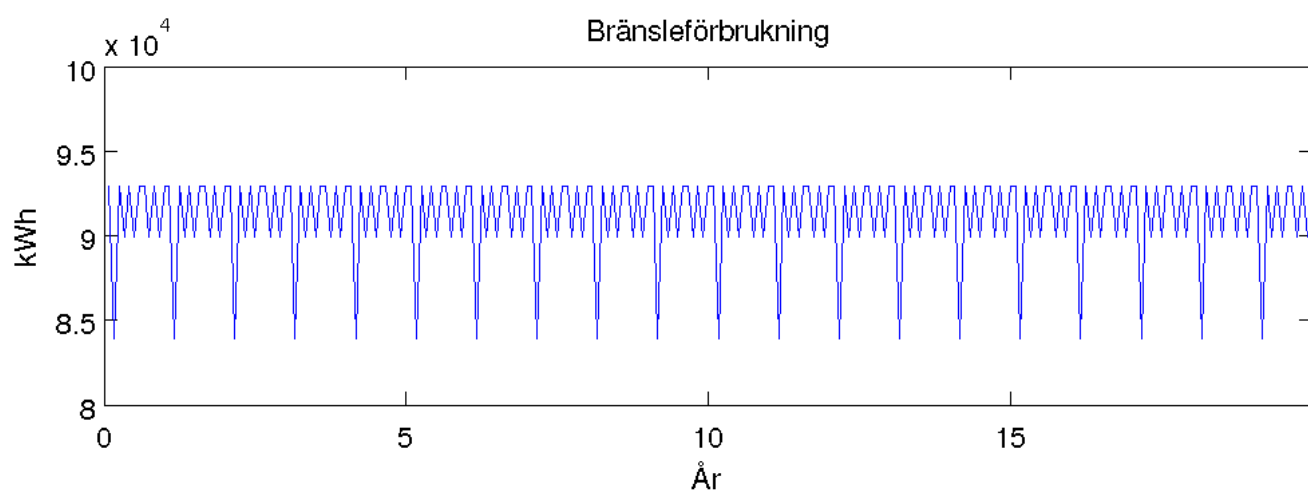
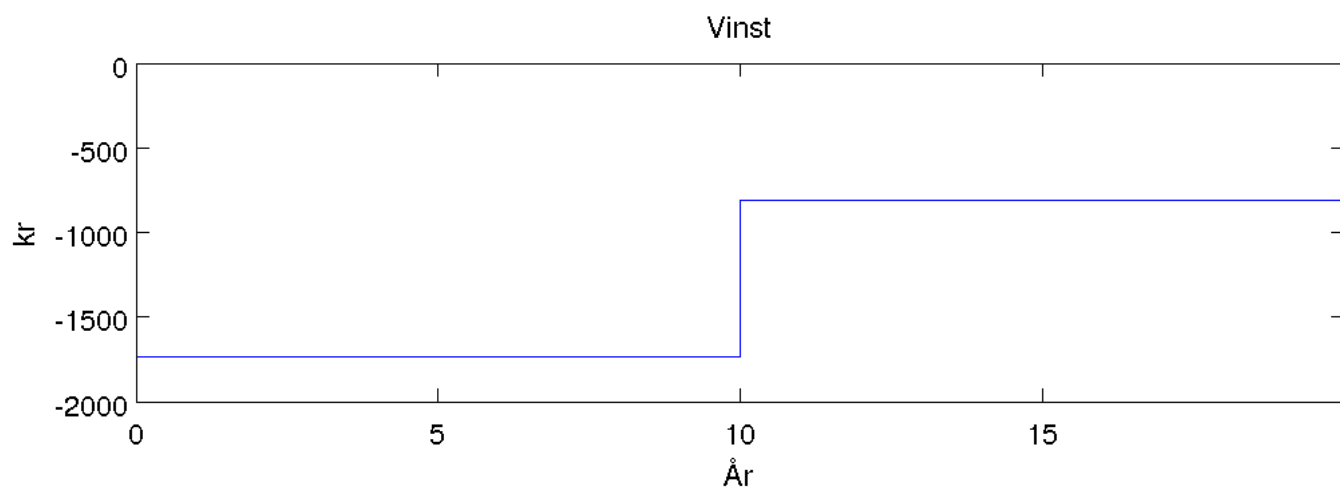
```
% Ackumulerad_Summa = -18083435 kr ;
% Ackumulerad_bransleforbrukning = 21875000 kWh ;
% Ackumulerad_Nyttig_varme = 14000000 kWh ;
% Ackumulerad_bortkyld_varme = 0 kWh ;
% Ackumulerad_el = 4018649 kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_bransleforbrukning = -0.82667 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_el = -4.4999 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_Nyttig_varme = -1.2917 kr/kWh ;
```

```
% I inga fall var den termiska effekten otillräcklig
```

```
sim_tid_ar = 20 ;
bygg_ar = 2011 ;
invest = 3413600 ;
avbetalningstid = 10 ;
ranta = 0.0537 ;
invest_stod = 0 ;
el_pris = 0.4 ;
el_natnytta = 0 ;
pris_elcert = 0.25 ;
el_cert_hantering = 2000 ;
el_natavgift = 800 ;
varme_pris = 0.3 ;
kylkostnad = 0 ;
kyl_all = 0 ;
tappvatten_andel = 0 ;
balanstemp = 13 ;
max_term = 460 ;
energi_dygnsggrad = 0 ;
varmebehov_ar = 700000 ;
branslekostnad = 0.6 ;
varmefil = 'Dygnsggrader_Falsterbo.xls' ;
kylenergi = 'noll.xls' ;
verkningsgradvarme = 0.64 ;
verkningsgradel = 0.26 ;
verkningsgrad_verk_el = [ 0;0;0;0.7;0.75;0.8;0.85;0.85;0.9;1];
underh_el = 0.3 ;
underh_bransle = 0.25 ;
```

```
% Kommentar 'Mikroturbin T100' ;
```


Bilaga 24



20110608-19-14-59-conf.m

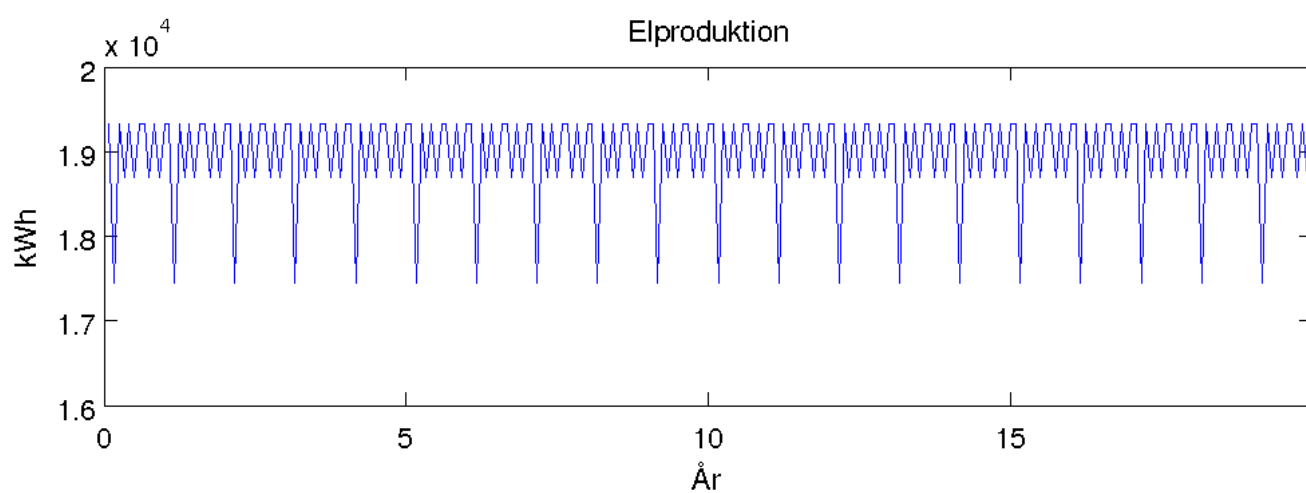
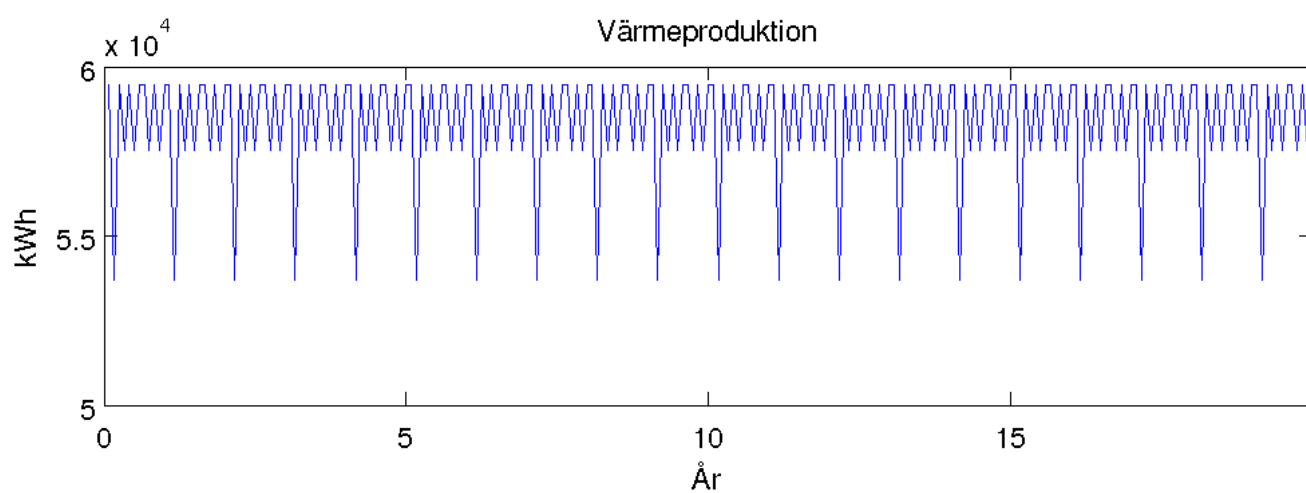
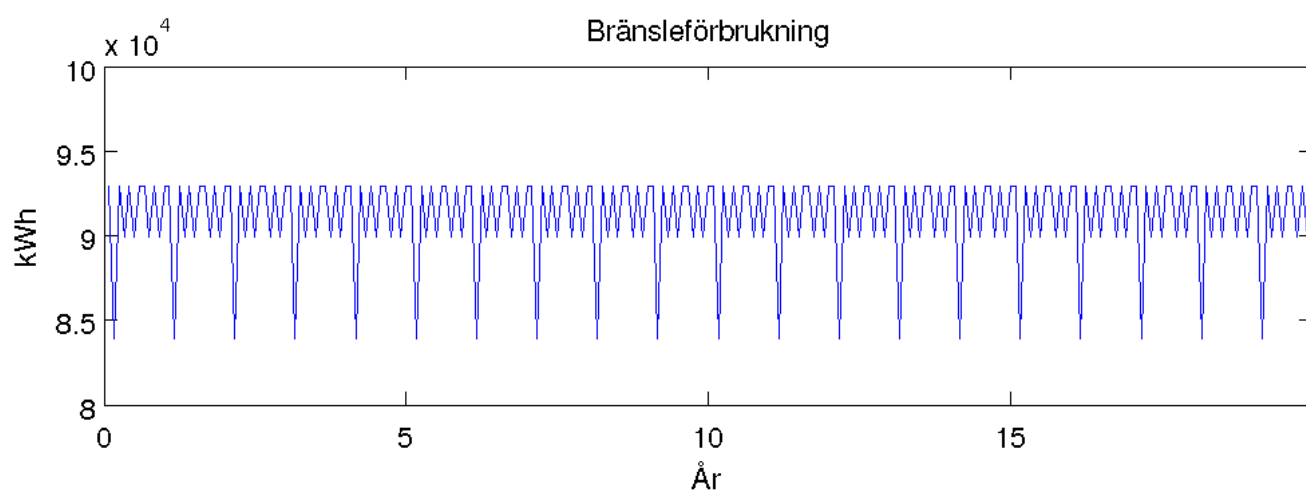
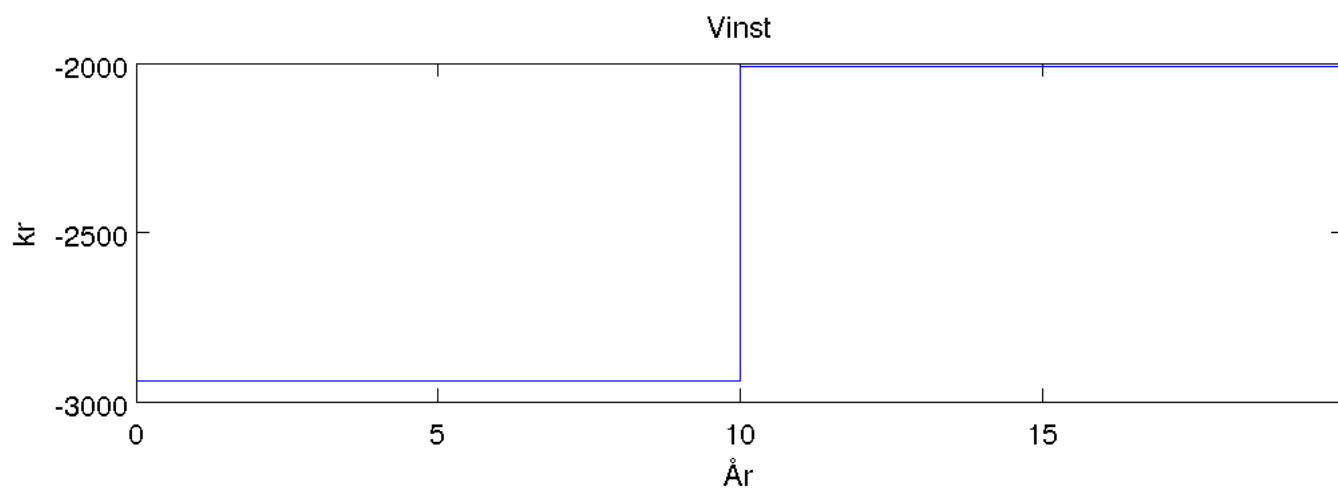
```
% Ackumulerad_Summa = -9301775 kr ;
% Ackumulerad_bransleforbrukning = 21875000 kWh ;
% Ackumulerad_Nyttig_varme = 14000000 kWh ;
% Ackumulerad_bortkyld_varme = 0 kWh ;
% Ackumulerad_el = 4550000 kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_bransleforbrukning = -0.42522 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_el = -2.0443 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_Nyttig_varme = -0.66441 kr/kWh ;
```

```
% I inga fall var den termiska effekten otillräcklig
```

```
sim_tid_ar = 20 ;
bygg_ar = 2011 ;
invest = 2572800 ;
avbetalningstid = 10 ;
ranta = 0.0537 ;
invest_stod = 0 ;
el_pris = 0.6 ;
el_natnytta = 0 ;
pris_elcert = 0.25 ;
el_cert_hantering = 2000 ;
el_natavgift = 800 ;
varme_pris = 0.5 ;
kylkostnad = 0 ;
kyl_all = 0 ;
tappvatten_andel = 0 ;
balanstemp = 13 ;
max_term = 230 ;
energi_dygnsggrad = 0 ;
varmebehov_ar = 700000 ;
branslekostnad = 0.4 ;
varmefil = 'Dygnsggrader_konstant_12.xls' ;
kylenergi = 'noll.xls' ;
verkningsgradvarme = 0.64 ;
verkningsgradel = 0.26 ;
verkningsgrad_verk_el = [ 0;0;0;0.7;0.75;0.8;0.85;0.85;0.9;1];
underh_el = 0.3 ;
underh_bransle = 0.25 ;
```

```
% Kommentar 'Otto 60 kW' ;
```

Bilaga 25



20110608-19-15-27-conf.m

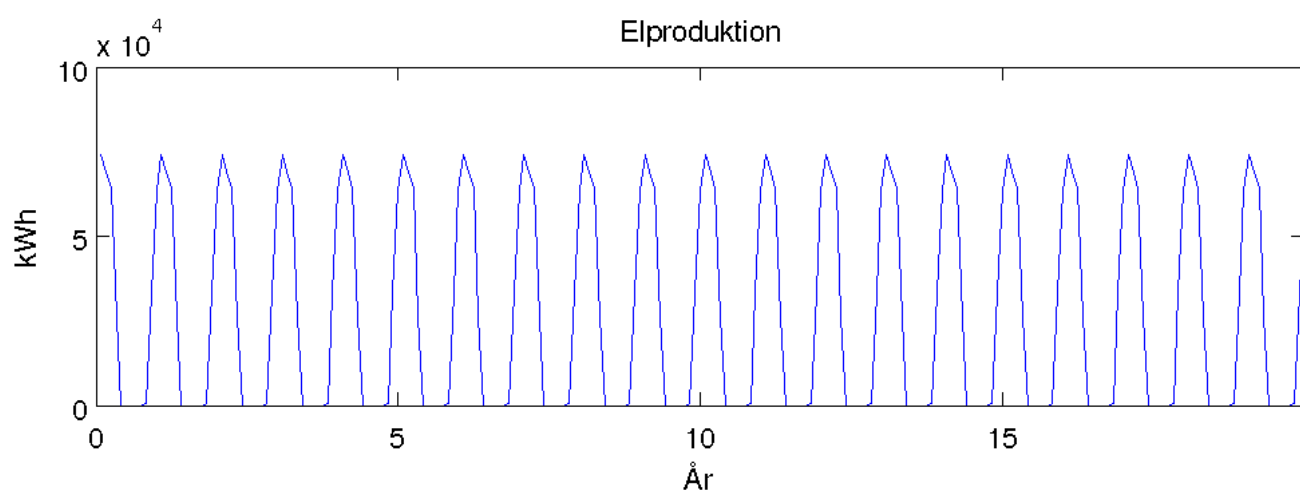
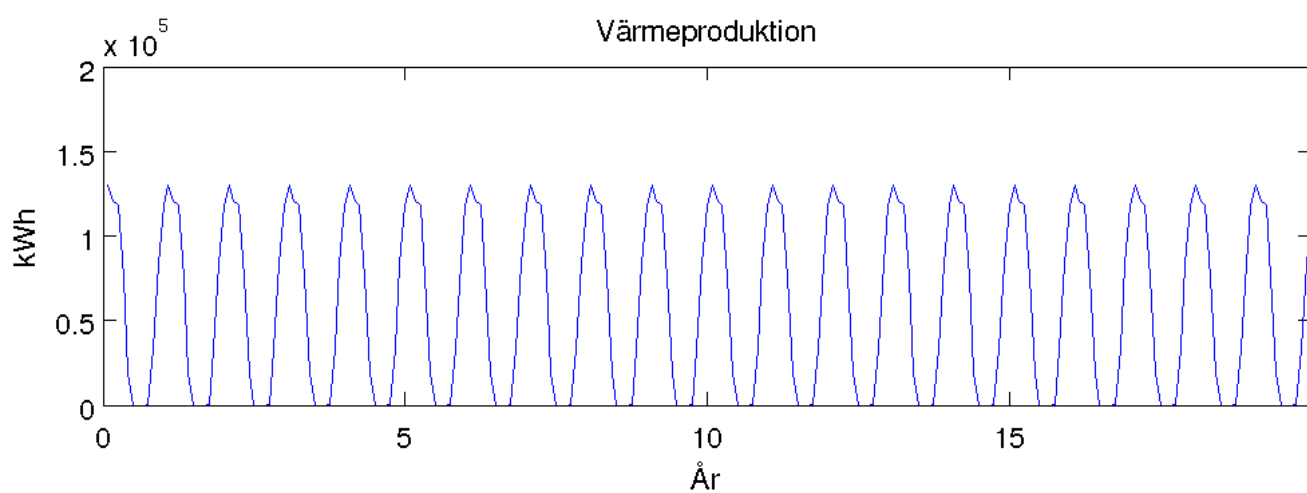
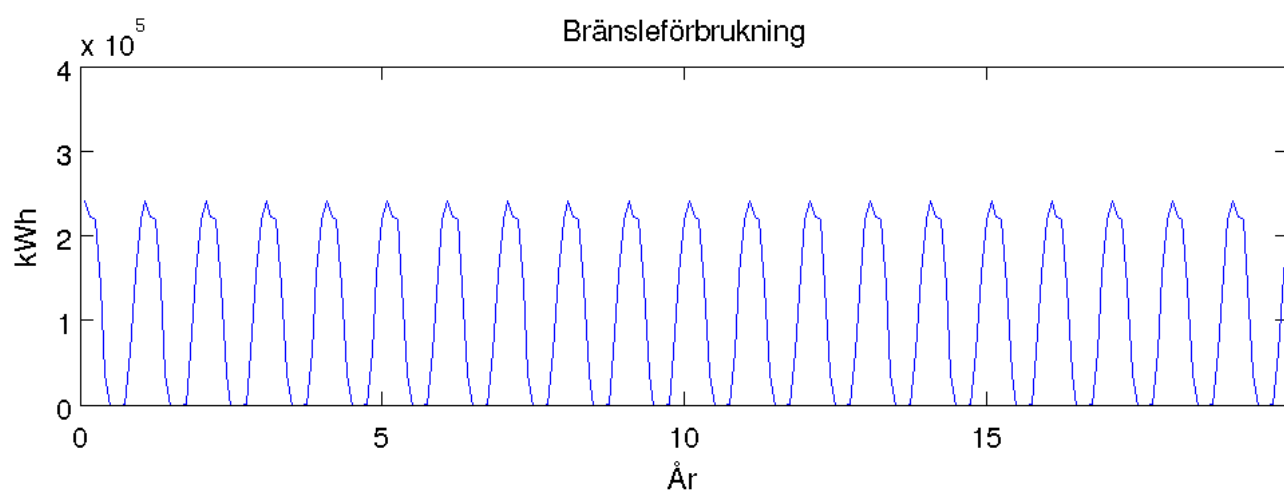
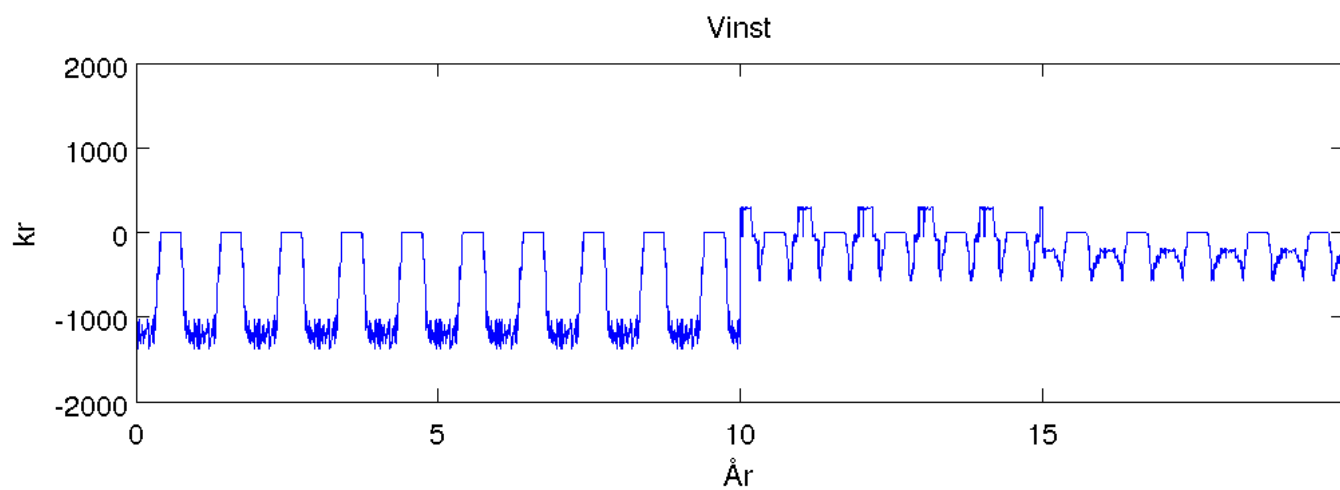
```
% Ackumulerad_Summa = -18051775 kr ;
% Ackumulerad_bransleforbrukning = 21875000 kWh ;
% Ackumulerad_Nyttig_varme = 14000000 kWh ;
% Ackumulerad_bortkyld_varme = 0 kWh ;
% Ackumulerad_el = 4550000 kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_bransleforbrukning = -0.82522 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_el = -3.9674 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_Nyttig_varme = -1.2894 kr/kWh ;
```

```
% I inga fall var den termiska effekten otillräcklig
```

```
sim_tid_ar = 20 ;
bygg_ar = 2011 ;
invest = 2572800 ;
avbetalningstid = 10 ;
ranta = 0.0537 ;
invest_stod = 0 ;
el_pris = 0.6 ;
el_natnytta = 0 ;
pris_elcert = 0.25 ;
el_cert_hantering = 2000 ;
el_natavgift = 800 ;
varme_pris = 0.5 ;
kylkostnad = 0 ;
kyl_all = 0 ;
tappvatten_andel = 0 ;
balanstemp = 13 ;
max_term = 230 ;
energi_dygnsggrad = 0 ;
varmebehov_ar = 700000 ;
branslekostnad = 0.8 ;
varmefil = 'Dygnsggrader_konstant_12.xls' ;
kylenergi = 'noll.xls' ;
verkningsgradvarme = 0.64 ;
verkningsgradel = 0.26 ;
verkningsgrad_verk_el = [ 0;0;0;0.7;0.75;0.8;0.85;0.85;0.9;1];
underh_el = 0.3 ;
underh_bransle = 0.25 ;
```

```
% Kommentar 'Otto 60 kW' ;
```

Bilaga 26



20110603-16-59-02-conf.m

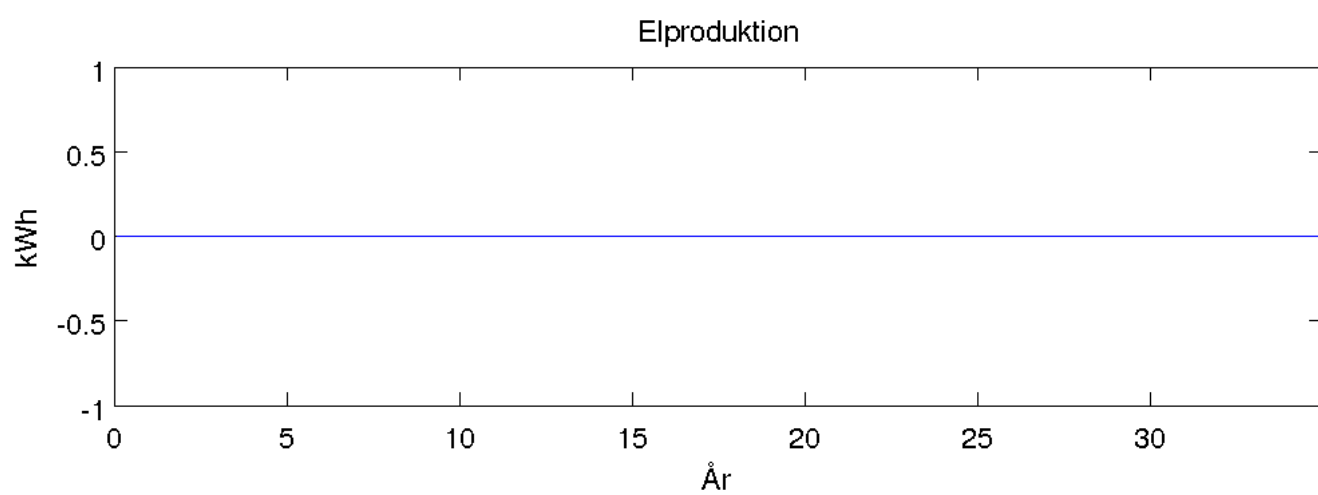
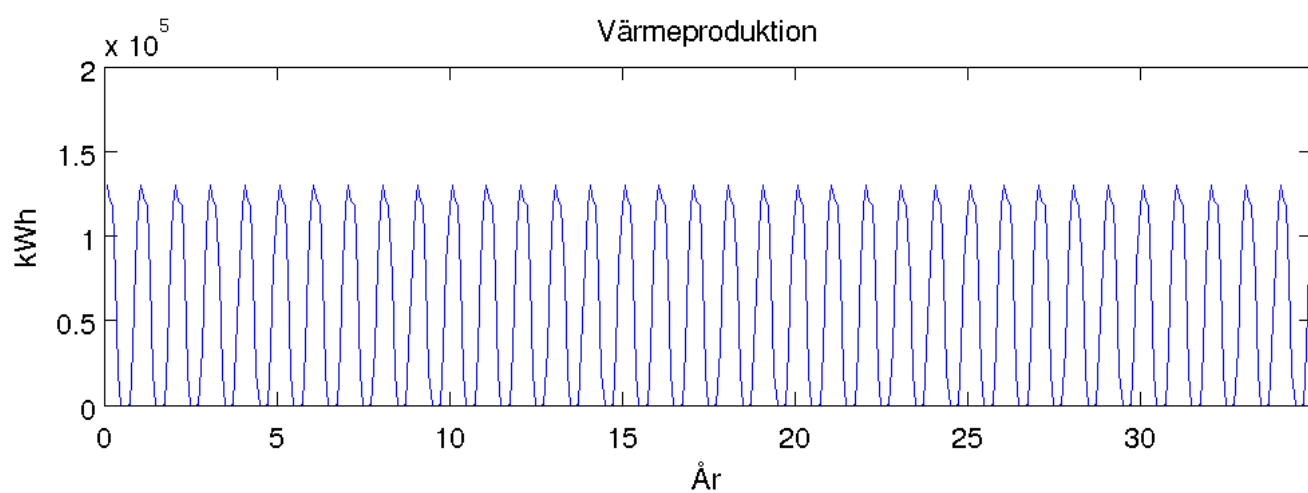
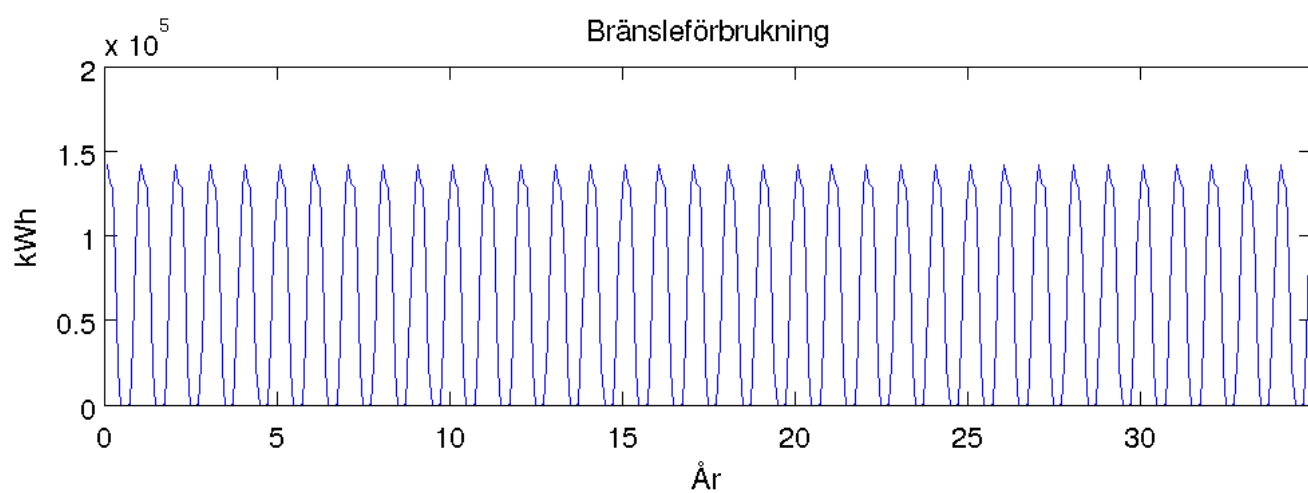
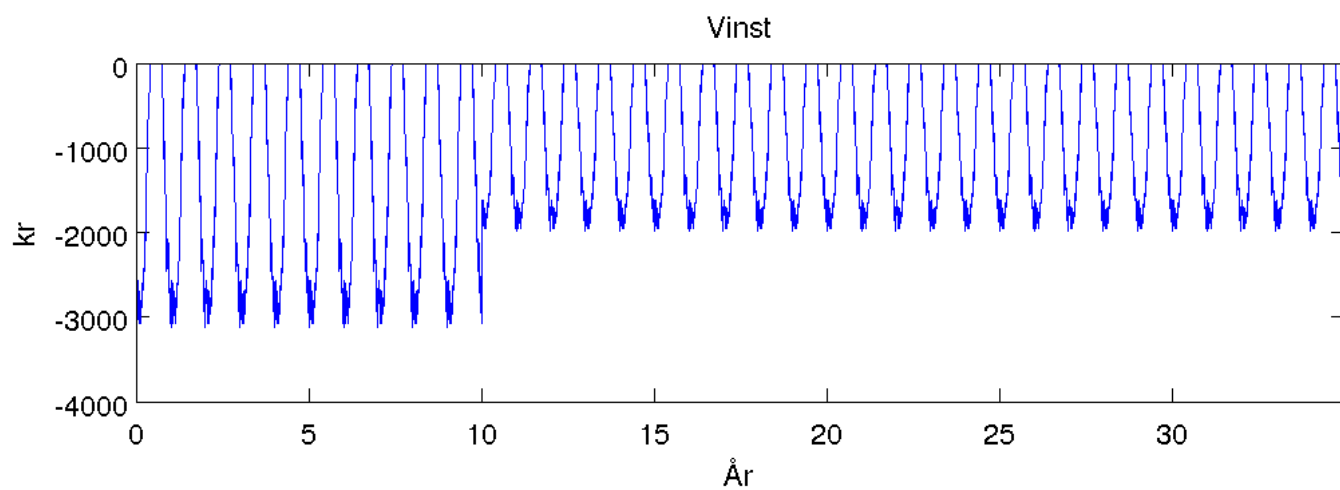
```
% Ackumulerad_Summa = -2921814 kr ;
% Ackumulerad_bransleforbrukning = 25925926 kWh ;
% Ackumulerad_Nyttig_varme = 14000000 kWh ;
% Ackumulerad_bortkyld_varme = 0 kWh ;
% Ackumulerad_el = 6627115 kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_bransleforbrukning = -0.1127 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_el = -0.44089 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_Nyttig_varme = -0.2087 kr/kWh ;
```

FEL, max effekt på pannan är: 330 kW. Vid 798 tillfälle räcker inte effekten. Under Simuleringstiden av confl saknas som mest 29.842 kW. Hela matrisen med dagar som har termisk effektbrist heter confl_pannstorlek_fel

```
sim_tid_ar = 20 ;
bygg_ar = 2011 ;
invest = 1830000 ;
avbetalningstid = 10 ;
ranta = 0.0537 ;
invest_stod = 0 ;
el_pris = 0.6 ;
el_natnytta = 0 ;
pris_elcert = 0.25 ;
el_cert_hantering = 2000 ;
el_natavgift = 800 ;
varme_pris = 0.5 ;
kylkostnad = 0 ;
kyl_all = 0 ;
tappvatten_andel = 0 ;
balanstemp = 13 ;
max_term = 330 ;
energi_dygnsgrad = 0 ;
varmebehov_ar = 700000 ;
branslekostnad = 0.2 ;
varmefil = 'Dygnsgrader_Falsterbo.xls' ;
kylenergi = 'noll.xls' ;
verkningsgradvarme = 0.54 ;
verkningsgradel = 0.31 ;
verkningsgrad_verk_el = [ 0;0;0;0;0.3;0.6;0.7;0.8;0.9;1];
underh_el = 0.1 ;
underh_bransle = 0.25 ;

% Kommentar 'Mikroturbin T100' ;
```

Bilaga 27



20110603-17-29-48-conf.m

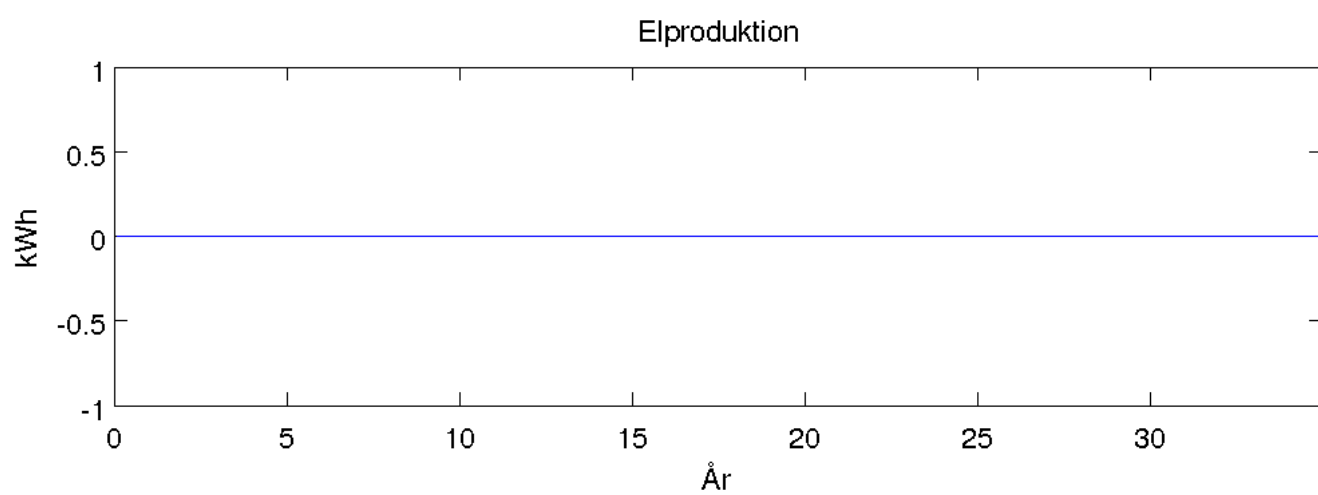
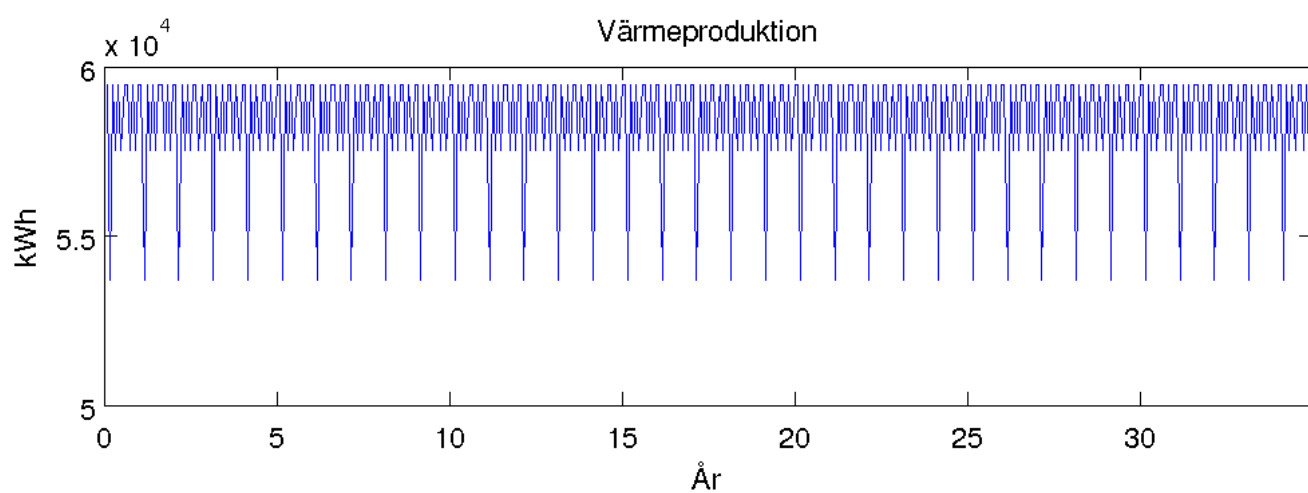
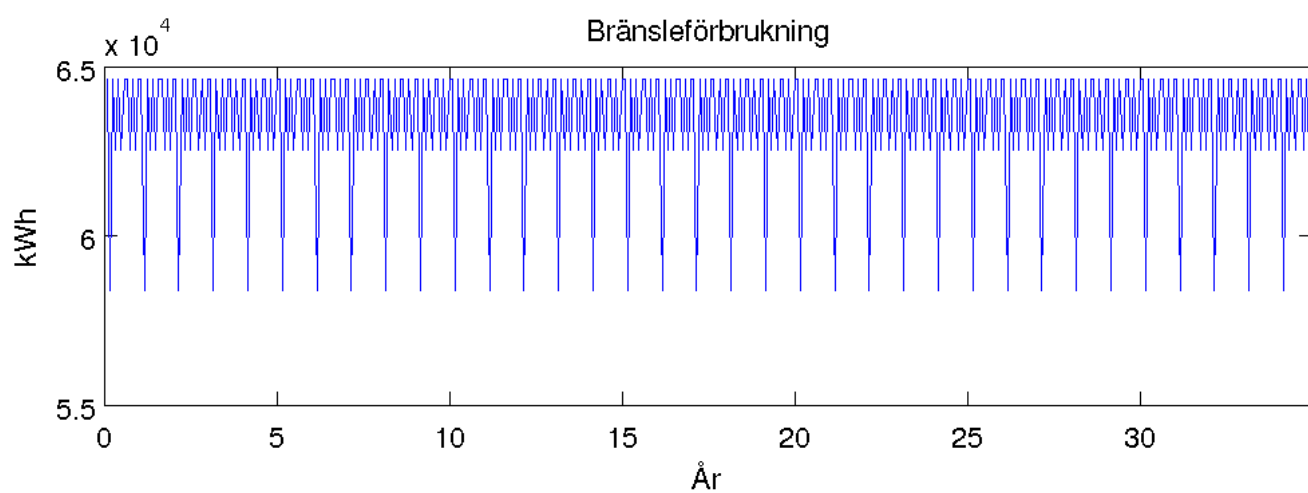
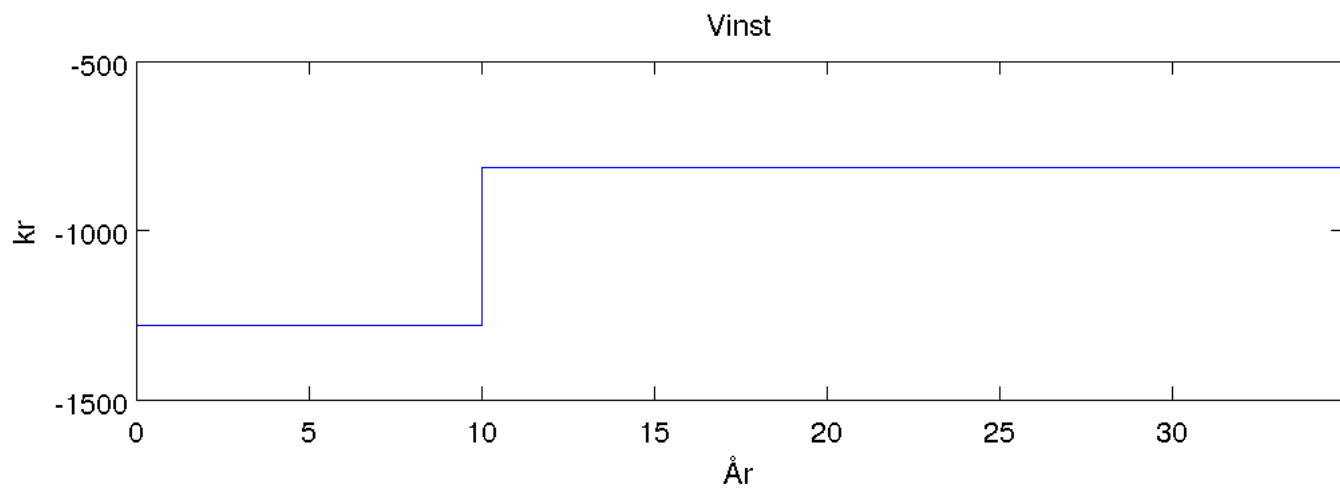
```
% Ackumulerad_Summa = -12099812 kr ;
% Ackumulerad_bransleforbrukning = 26630435 kWh ;
% Ackumulerad_Nyttig_varme = 24500000 kWh ;
% Ackumulerad_bortkyld_varme = 0 kWh ;
% Ackumulerad_el = 0 kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_bransleforbrukning = -0.45436 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_el = -Inf kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_Nyttig_varme = -0.49387 kr/kWh ;
```

```
% I inga fall var den termiska effekten otillräcklig
```

```
sim_tid_ar = 35 ;
bygg_ar = 2011 ;
invest = 1300000 ;
avbetalningstid = 10 ;
ranta = 0.0537 ;
invest_stod = 0 ;
el_pris = 0 ;
el_natnytta = 0 ;
pris_elcert = 0 ;
el_cert_hantering = 0 ;
el_natavgift = 0 ;
varme_pris = 0.5 ;
kylkostnad = 0 ;
kyl_all = 0 ;
tappvatten_andel = 0 ;
balanstemp = 13 ;
max_term = 330 ;
energi_dygnsggrad = 0 ;
varmebehov_ar = 700000 ;
branslekostnad = 0.6 ;
varmefil = 'Dygnsggrader_Falsterbo.xls' ;
kylenergi = 'noll.xls' ;
verkningsgradvarme = 0.92 ;
verkningsgradel = 0 ;
verkningsgrad_verk_el = [ 0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0];
underh_el = 0 ;
underh_bransle = 0.25 ;
```

```
% Kommentar 'Otto 60 kW' ;
```

Bilaga 28



20110603-17-30-17-conf.m

```
% Ackumulerad_Summa = -12099812 kr ;
% Ackumulerad_bransleforbrukning = 26630435 kWh ;
% Ackumulerad_Nyttig_varme = 24500000 kWh ;
% Ackumulerad_bortkyld_varme = 0 kWh ;
% Ackumulerad_el = 0 kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_bransleforbrukning = -0.45436 kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_el = -Inf kr/kWh ;
% Ackumulerad_Summa / Ackumulerad_Nyttig_varme = -0.49387 kr/kWh ;
```

```
% I inga fall var den termiska effekten otillräcklig
```

```
sim_tid_ar = 35 ;
bygg_ar = 2011 ;
invest = 1300000 ;
avbetalningstid = 10 ;
ranta = 0.0537 ;
invest_stod = 0 ;
el_pris = 0 ;
el_natnytta = 0 ;
pris_elcert = 0 ;
el_cert_hantering = 0 ;
el_natavgift = 0 ;
varme_pris = 0.5 ;
kylkostnad = 0 ;
kyl_all = 0 ;
tappvatten_andel = 0 ;
balanstemp = 13 ;
max_term = 330 ;
energi_dygnsggrad = 0 ;
varmebehov_ar = 700000 ;
branslekostnad = 0.6 ;
varmefil = 'Dygnsggrader_konstant_12.xls' ;
kylenergi = 'noll.xls' ;
verkningsgradvarme = 0.92 ;
verkningsgradel = 0 ;
verkningsgrad_verk_el = [ 0;0;0;0;0;0;0;0;0;0;0];
underh_el = 0 ;
underh_bransle = 0.25 ;
```

```
% Kommentar 'Otto 60 kW' ;
```

SLU
Institutionen för energi och teknik
Box 7032
750 07 UPPSALA
Tel. 018-67 10 00
pdf.fil: www.slu.se/energioghteknik

SLU
Department of Energy and Technology
P. O. Box 7032
SE-750 07 UPPSALA
SWEDEN
Phone +46 18 671000